

SÉRIE A N° 577

N° D'ORDRE

1306

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

PIERRE GIRARD

1^{re} Thèse. — FACTEURS DONT DÉPENDENT LA MASSE, LA FORME ET LA COMPOSITION CHIMIQUE QUANTITATIVE DE L'ENCÉPHALE CHEZ LES OISEAUX.

2^e Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 22 Juin 1908, devant la Commission d'examen.

MM. G. BONNIER, *Président.*

DASTRE, }
MICHEL, } *Examineurs.*

ÉPINAL

IMPRIMERIE NOUVELLE, 10, RUE AUBERT

1908

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

PIERRE GIRARD

1^{re} Thèse. — FACTEURS DONT DÉPENDENT LA MASSE, LA FORME ET LA COMPOSITION CHIMIQUE QUANTITATIVE DE L'ENCÉPHALE CHEZ LES OISEAUX.

2^e Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 22 Juin 1908, devant la Commission d'examen.



MM. G. BONNIER, *Président.*
DASTRE, }
MICHEL, } *Examineurs.*

ÉPINAL
IMPRIMERIE NOUVELLE, 10, RUE AUBERT

1908

Faculté des Sciences de l'Université de Paris

MM.

<i>Doyen</i>	P. APPELL, <i>professeur</i>	Mécanique rationnelle.
<i>Doyen honoraire.</i> {	G. DARBOUX, —	Géométrie supérieure.
<i>Professeurs honoraires.</i> {	L. TROOST.	
	Ch. WOLF.	
	J. RIBAN.	
	LIPPMANN.....	Physique.
	BOUTY.....	Physique.
	BOUSSINESQ.....	Physiq. math. et calcul des probabilités.
	PICARD.....	Analyse supérieure et algèbre supérieure
	H. POINCARÉ.....	Astronomie math. et mécanique céleste.
	Y. DELAGE.....	Zoologie, anatomie, physiolog ^e comparée
	G. BONNIER.....	Botanique.
	DASTRE.....	Physiologie.
	DITTE.....	Chimie.
	GIARD.....	Zoologie, Evolution des êtres organisés.
	KÉNIGS.....	Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN.....	Géographie physique.
	GOURSAT.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
<i>Professeurs.</i> {	CHATIN.....	Histologie.
	PELLAT.....	Physique.
	HALLER.....	Chimie organique.
	JOANNIS.....	Chimie (Enseignement P. C. N.).
	JANET.....	Physique — —
	WALLERANT.....	Minéralogie.
	ANDOYER.....	Astronomie physique.
	PAINLEVÉ.....	Mathématiques générales.
	HAUG.....	Géologie.
	TANNERY.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	RAFFY.....	Application de l'analyse à la géométrie.
	HOUSSAY.....	Zoologie.
	H. LE CHATELIER..	Chimie.
	N.....	Chimie biologique.
	N.....	Zoologie, anatomie, physiolog ^e comparée
	N.....	Physique.
<i>Professeurs-adjoints :</i> {	PUISEUX.....	Mécanique et astronomie.
	LEDUC.....	Physique.
	HADAMARD.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	MATRUCHOT.....	Botanique.
	MICHEL.....	Minéralogie.
	DAGUILLON.....	Botanique.
	BOUVEAULT.....	Chimie organique.
	BOREL.....	Théorie des fonctions.
	G. PRUVOT.....	Anatomie comparée.
	CAULLERY.....	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
<i>Secrétaire...</i>	A. GUILLET.	

A MON PÈRE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Introduction

Il y a peu de questions plus embrouillée, plus confuse et qui ait donné lieu et donne encore lieu à des affirmations plus contradictoires, que celle des relations existant entre le poids du cerveau (hémisphères proprement dits) et le degré de l'intelligence. Ce n'est point que les chiffres manquent. Les documents statistiques, relatifs à l'homme en particulier, recueillis par les anthropologistes, sont même assez considérables ; mais ils ne s'en dégagent, à les consulter attentivement, qu'une impression extrêmement confuse. En fait, le tort de la plupart de ceux qui se sont attachés à la solution de ce captivant problème, a été de l'aborder d'emblée dans sa plus grande complexité, sans se rendre suffisamment compte que sa solution comporte la solution préalable de plusieurs autres problèmes dont ils n'ont pas toujours compris le sens et la portée.

Deux facteurs, on le sait, interviennent dans le poids encéphalique : l'un psychique, l'autre somatique ; comment faire la part du premier si l'on ne connaît celle de l'autre ? Et quelle précision pouvaient bien avoir les recherches des psychologues sur les relations de l'intelligence et de la masse cérébrale dans l'ignorance où ils

étaient de la loi suivant laquelle croissait cette masse en fonction du poids corporel.

Nous verrons quels efforts ont été faits pour trouver une expression satisfaisante de cette double relation et comment la formule de Dubois (de la Haye), $E = c S^{0,56}$ où E désigne le poids encéphalique, S la masse corporelle et c un « coefficient de céphalisation » représentatif de l'intelligence d'une famille naturelle et constant pour les animaux de cette famille, l'exprime d'une façon toute empirique, nous en convenons, mais suffisamment rigoureuse.

Un fait sur lequel nous ne saurions trop attirer l'attention, c'est qu'antérieurement à Dubois, les investigations des anthropologistes avaient porté presque exclusivement sur l'homme.

Nous aurons toutefois l'occasion de rappeler plus loin des recherches moins étroitement limitées ; celles de Brandt, de Snell et de Fübriinger, portèrent sur d'assez nombreuses espèces animales. Les préoccupations de ces auteurs étaient d'ailleurs beaucoup plus physiologiques que psychologiques. Brandt, en particulier, eut cette idée qu'il devait exister une relation entre le développement des centres nerveux et l'intensité des échanges ; mais l'objet des recherches des anthropologistes proprement dits, plus ambitieux et plus imprécis, fut l'homme. Ce n'était rien moins que les variations et les inégalités individuelles de l'intelligence humaine, mieux encore d'hommes de même race, dont ils espéraient saisir l'expression dans le poids et la forme encéphaliques. L'on sait leurs mécomptes. La solution d'un tel problème doit être reléguée dans un avenir lointain ; mais c'est déjà un résultat qui n'est certes pas à dédaigner, de pouvoir caractériser approximativement, par un coefficient, le degré d'évolution psychique d'une espèce

animale, abstraction faite des variations individuelles, qu'on suppose écartées par des moyennes suffisamment étendues.

Les investigations de Dubois ont porté sur les mammifères. L'expression générale du poids encéphalique, $E = c S^{0,56}$ est-elle générale ? Ou ne vaut-elle, du moins avec cette valeur particulière 0,56 de l'exposant de relation, que pour les mammifères seulement ?

C'est pour répondre à cette question que, sur les conseils de mon maître, M. Lapicque, je me suis adressé à un groupe naturel tout différent, aux oiseaux.

Les conditions de comparaison dans lesquelles je me suis placé étaient absolument semblables à celles choisies par Dubois ; c'est-à-dire que j'ai comparé entre eux des oiseaux d'espèces distinctes, appartenant à un même ordre naturel et supposés également évolués, abstraction faite des variations individuelles qui s'effacent par l'emploi de moyennes suffisamment étendues. Les résultats auxquels je suis parvenu, ne laissent, comme nous le verrons, aucun doute sur la légitimité d'une généralisation de la formule de Dubois.

Cette formule exprime cette vérité fondamentale que deux facteurs déterminent le poids encéphalique : la taille de l'animal et le coefficient de céphalisation. A la supériorité de la taille correspond une supériorité pondérale de l'encéphale et à la supériorité psychique et fonctionnelle également.

Seulement, d'après la conception de Dubois, ces deux sortes de développement pondéral (développement somatique et développement psychique et fonctionnel) se réalisent par des procédés histologiques différents : le premier (développement somatique) par l'allongement des fibres blanches conductrices à l'intérieur de l'encéphale, et peut-être aussi, c'est l'avis de Dubois, mais qui

nous paraît contestable, par l'épaississement des gâines de myéline. Le second (développement psychique et fonctionnel), par l'extension et la multiplicité des éléments d'association (éléments cellulaires avec leurs dendrites). Quant au développement de la névroglie, nous ne savons rien ; est-il indépendant des deux autres développements ; suit-il au contraire l'un ou l'autre, et plus probablement le second, Dubois n'en parle point, et nous n'en pouvons rien dire.

Quoi qu'il en soit, si l'hypothèse de Dubois est exacte, chez des encéphales, ou pour préciser davantage la question, chez des cerveaux d'animaux différents, soit par la taille, soit par le coefficient de céphalisation, l'unité de poids de substance cérébrale doit différer par sa composition chimique.

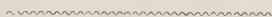
Cette différence ne sera qu'une expression grossière et imprécise, nous l'avouons, des différences supposées dans la structure histologique ; mais sa valeur documentaire sera déjà extrêmement précieuse ; elle nous permettra de rejeter d'emblée, ou au contraire de considérer comme possible et acceptable, la conception qui conduisit Dubois à formuler l'expression du poids encéphalique.

Nous verrons que les résultats obtenus par nos devanciers, et ceux que nous avons obtenus nous-mêmes, sont favorables à cette conception ; c'est par l'allongement des éléments blancs, ainsi que le révèle la plus forte proportion des matières grasses constitutives de la myéline qui les enveloppe, que l'encéphale ou le cerveau croît avec la taille ; et c'est avec des éléments albuminoïdes correspondant à de la névroglie et à des corps cellulaires avec leur plexus, que le cerveau croît avec c , ainsi qu'en témoignent les pour cent d'azote que nous avons enregistrés.

Ce deuxième ordre de résultats demande évidemment

à être précisé. Au dosage brutal de l'azote, devra être substitué celui de substances susceptibles de nous mieux renseigner sur la structure histologique du cerveau et les relations existant entre la complexité de cette structure et les valeurs du coefficient hémisphérique.

De telles recherches ne tarderont pas être entreprises.



Nos recherches ont été faites sous l'inspiration de notre maître, M. Lapicque ; nous comptons les poursuivre avec lui et sous ses auspices.

Qu'il nous soit permis de lui offrir ici l'hommage de notre profonde gratitude pour tout ce que nous lui devons intellectuellement.

Qu'ils nous soit également permis d'adresser à Monsieur le Professeur Dastre, notre maître, l'expression de notre bien vive reconnaissance pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter, non seulement à ces recherches, mais à celles d'autre nature que nous avons entreprises dans son laboratoire.



CHAPITRE I

Poids de l'Encéphale en fonction du poids du corps. — Loi de Dubois.

Lorsque cette notion que l'encéphale est l'organe et le centre des manifestations psychiques se fut définitivement acclimatée parmi les naturalistes, l'on chercha tout naturellement à établir une relation et un parallélisme entre le développement de la masse encéphalique d'une part et, d'autre part, le niveau de l'intelligence et le degré d'évolution psychique.

Mais les résultats fournis par les premières observations systématiques faites dans ce sens au début du siècle dernier ne répondirent pas aux espérances conçues.

En effet, à ne considérer que le poids absolu de l'encéphale, l'homme qui devait venir en tête avec 1,400 grammes d'encéphale se trouvait dépassé par certains grands mammifères comme l'éléphant, encéphale de 5,500 grammes, ou la baleine, encéphale de 7000 grammes. L'on comprit bientôt qu'un vice grave était à la base de ces spéculations et qu'un facteur considérable dont on n'avait pas tenu compte intervenait dans la détermination du poids encéphalique.

Ce facteur est la masse organique de l'animal, et principalement sa masse organique active ; nous voulons dire celle dont les mouvements, dont l'activité mécanique se trouve placée sous la dépendance de l'encéphale, c'est-à-dire les muscles et les os.

L'on pensa alors, étant donné que la masse encéphalique d'un animal d'une certaine espèce est fonction de sa masse organique, dont le poids du corps est une approximative représentation, et de son degré d'évolution psychique, on éliminerait l'influence de ce premier facteur en considérant le poids relatif de l'encéphale, c'est-à-dire le nombre de grammes et de fractions de grammes de cet organe rapporté au kilogramme ou au gramme d'animal. Mais il n'en fut rien. Le poids relatif du cerveau de l'homme, qui est de $1/16$ à $1/45$ se trouvait dépassé par un certain nombre d'animaux de très petite taille, comme la musaraigne, le singe-lion, la chauve-souris, le serin, etc. La loi est d'ailleurs générale, les individus de petite taille sont extrêmement avantagés sous le rapport du poids encéphalique relatif (1). Ainsi, par le poids absolu de son encéphale, l'homme se trouvait placé très au-dessous de certains grands mammifères, comme la baleine et l'éléphant, et par le poids relatif, il était distancé par des animaux de très petite taille, comme la musaraigne ou le serin, qui n'ont jamais passé cependant pour être doués brillamment sous le rapport intellectuel. Ces résultats déconcertants, en apparence tout au moins, furent fréquemment invoqués par les contempteurs du poids cérébral, nous voulons dire par les naturalistes qui considéraient comme surtout

(1) En fait, cette dualité, cette opposition plus exactement des deux lois de croissance, celle du poids absolu et celle du poids relatif, n'est pas vraie pour l'encéphale seulement. Charles Richet a montré qu'elle s'appliquait également à d'autres organes (le foie, le rein, la rate). Un raisonnement fort simple conduit à cette conclusion que, si le poids relatif de ces organes croît en sens inverse de la taille, *il est nécessaire* que pour d'autres organes ou parties anatomiques, la loi de croissance du poids relatif soit de sens inverse. Pour lesquels ? Probablement, mais rien encore n'a été fait là-dessus, les muscles et aussi les os. Mais pourquoi encore ici cette dualité, cette opposition entre ces parties ? Y correspond-il des raisons physiologiques et fonctionnelles, et quelles peuvent-elles être ? Autant de problèmes intéressants qui n'ont point été approfondis.

significatifs, au point de vue psychique, la forme de l'encéphale, le plissement de la surface hémisphérique, le nombre, la profondeur et l'étendue des circonvolutions. Cette thèse, qui fut celle de Desmoulins, de Baillarger et de bien d'autres naturalistes, fut, comme on sait, soutenue avec éclat par Gratiolet dans la controverse fameuse qu'il engagea avec Broca pendant l'année 1861, à la Société d'Anthropologie.

Gratiolet était d'ailleurs loin de refuser toute signification physiologique au poids du cerveau, il admettait seulement « qu'il y a pour chaque race un terme où l'homme atteint sa perfection dernière, et cette perfection suppose une certaine forme et une certaine masse. » On exprime cela en disant que cette forme et cette masse sont normales.

Pour lui, « l'état normal oscille entre deux limites extrêmes ; mais, entre ces limites, le plus ou moins de grandeur du cerveau n'a, eu égard à l'intelligence, aucune signification certaine. »

La signification psychique du poids encéphalique n'était donc encore au temps de Gratiolet qu'une notion intuitive pour un certain nombre de naturalistes. D'autres, assez nombreux, se refusaient à l'admettre, et à cette époque c'était encore leur droit ; car l'incohérence avec laquelle avaient été recueillis des poids assez nombreux déjà d'encéphales humains, ne permettait, à ce sujet, aucune conclusion solide et qui s'imposât.

Il fallait, pour mettre en lumière d'une façon certaine, que la masse organique d'une part et d'autre part le degré d'évolution psychique, l'intelligence au sens très large, et physiologique du mot, sont les deux facteurs normaux dont dépend le poids de l'encéphale, recourir à une méthode statistique précise.

Déjà en 1836, Parchappe avait fort bien compris qu'en dépit des résultats incohérents donnés par la comparaison des poids relatifs d'encéphales d'animaux inégalement intelligents, une double influence somatique et psychique

n'en devait pas moins déterminer la masse encéphalique.

« L'encéphale dans son ensemble, disait-il, n'est pas un organe simple, chargé d'une seule fonction ; son volume et sa structure ne sont pas physiologiquement coordonnés en vue d'une fonction unique, l'intelligence, par exemple à la manière de l'œil pour la vision. L'encéphale est un organe complexe, à fonctions multiples ; ainsi il est l'aboutissant des organes des sens, le point de départ des mouvements volontaires, l'agent d'une intervention vitale nécessaire à toutes les fonctions qu'on a désignées par le nom d'innervation. Sous ce triple point de vue, il se trouve fonctionnellement et organiquement en rapport avec les organes des sens, l'appareil locomoteur et toute la masse du corps. On conçoit que ces rapports fonctionnels, dans lesquels l'intelligence proprement dite n'a aucune part, puissent entraîner des rapports nécessaires de développement organique. On conçoit qu'indépendamment du degré d'intelligence les nécessités de la locomotion et de l'innervation puissent déterminer un volume de l'encéphale considérable ».

Les recherches statistiques de Manouvrier devaient consacrer la justesse de ce point de vue.

Il fallait pour que les rapports du poids du cerveau d'une part avec l'intelligence, d'autre part avec la taille fussent manifestes, que dans la comparaison des divers animaux, l'un ou l'autre de ces deux facteurs restât constant. C'est faute de se conformer à cette règle que dictait pourtant le plus élémentaire bon sens, que les résultats obtenus jusqu'alors apparaissaient incohérents, car tantôt ces deux facteurs se superposaient l'un à l'autre, tantôt ils se masquaient réciproquement ; il était nécessaire en un mot de recourir à une méthode statistique rationnelle et qu'on pouvait rendre assez précise en utilisant des moyennes suffisamment étendues.

L'application d'une telle méthode était loin d'être d'ailleurs sans difficultés pratiques; les différences intellectuelles ne sont pas toujours aisément appréciables, même d'une espèce animale à l'autre, et la « mesure de la masse du corps, peut être, comme l'a dit Manouvrier, un sujet d'embarras et d'erreur ». Ça été le mérite de cet auteur d'avoir su apporter dans ces questions une critique habile et rigoureuse; et il n'est que juste de reconnaître qu'il sût, en choisissant parmi un très grand nombre de chiffres et en en recueillant lui-même, mettre en lumière de façon irréfutable l'influence du poids du corps et celle du développement psychique sur le poids de l'encépale.

Manouvrier fut moins heureux quand il s'efforça de donner une expression algébrique et précise de cette double influence. Il fait dans le poids total de l'encépale deux parts distinctes; l'une est en rapport direct avec l'intelligence, nous l'appellerons I; l'autre « somatique » est en relation avec la masse organique active (dont Manouvrier choisit comme expression représentative le poids fémoral); et cette relation est simple: c'est une proportionnalité. Ceci posé, le poids de l'encépale d'un individu s'exprime ainsi (1) $E = I + KM$ (M représentant le poids du fémur). Si donc on envisage deux groupes d'individus supposés égaux en intelligence mais de masse organique différente, on peut poser :

$$E = I + KM \text{ et } E' = I + KM'$$

D'où l'on tire I, qui est, d'après Manouvrier, la quantité d'encépale, en rapport avec le développement de l'intelligence.

Charles Richet, qui s'est beaucoup occupé de la question, et qui a réuni sur le chien un très grand nombre de chif-

(1) Paris, Lapicque; Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris, 2 mai 1907.

fres, donne une signification beaucoup plus précise, beaucoup moins prudente aussi, à cette quantité I.

Pour lui, cette quantité représente le poids de substance nerveuse nécessaire à l'intelligence de l'individu. Cette valeur de I supérieure à 100 grammes chez l'homme, et qui est de 45 grammes chez le chien, représente la quantité d'encéphale nécessaire pour supporter l'intelligence d'un homme ou l'intelligence d'un chien.

« Autrement dit, à supposer un chien adulte réduit au minimum de taille imaginable, il aurait encore 45 grammes de cerveau ».

Cette déduction est parfaitement logique.

Mais si l'on suppose une espèce donnée, d'une taille donnée, et dont le degré d'évolution organique et psychique, dont l'intelligence atteint un certain niveau pour cette espèce, le poids I d'encéphale en rapport avec ce degré d'évolution, atteindra une certaine valeur; et pour une espèce beaucoup plus petite, dont l'intelligence n'est pas inférieure et pourra même être considérée comme supérieure à celle de l'espèce précédente, le poids de l'encéphale total, mieux encore le poids du corps tout entier, peut n'être même pas égal à cette quantité I.

En d'autres termes, à supposer que N gramme soit la quantité de substance nerveuse qu'implique et nécessite l'intelligence d'un animal de poids A celle d'un animal du poids α , plus petit, mais que rien n'autorise à croire inférieure impliquera donc une quantité au moins égale de substance nerveuse qui la supporte. Or, le poids α pourra ne pas même atteindre ce chiffre. Il est donc évident que, dans l'hypothèse que nous envisageons, que M. Manouvrier envisage d'ailleurs lui-même, et qui est on ne peut plus vraisemblable, la formule qui exprime sous forme d'une somme de deux quantités pondérales le poids encéphalique total est inapplicable.

M. Manouvrier l'a d'ailleurs fort bien compris, il a pris

soin de faire toutes réserves sur l'interprétation de Charles Richet.

Mais nous ne croyons pas que cette réserve soit justifiée.

Dire en effet que « la quantité I indépendante de M représente la quantité cérébrale en rapport avec l'intelligence, dans la mesure où celle-ci est en rapport avec le développement quantitatif de ses organes spéciaux », et dire que pour le chien « cette quantité I représente la quantité invariable de cerveau, servant à l'intelligence d'un chien » c'est apporter, nous semble-t-il, dans l'expression d'une même pensée, une dose inégale de prudence, mais ce n'est pas exprimer deux pensées essentiellement différentes.

Au surplus, les réserves mêmes que fait M. Manouvrier sur la signification de la quantité I, qu'il finit par considérer comme « ne pouvant être une constante indépendante de la quantité M ou de la masse organique générale » équivalent presque à la négation même du sens de sa formule.

Au lieu d'envisager la taille de l'animal, c'est-à-dire une grandeur mal déterminée, approximativement représentée par le poids, Dubois eut l'idée de considérer la surface, en se plaçant dans des conditions d'observation telles que le facteur intelligence, ou plus exactement le degré d'évolution organique n'entrât pas en jeu, et d'y rapporter les poids ou les volumes encéphaliques.

C'est en partant d'un ensemble de considérations anatomiques et histologiques à la fois simples et profondes qu'il fut conduit à formuler algébriquement, d'une façon toute différente, l'expression du poids de l'encéphale. Nous croyons indispensable, tant pour la compréhension de sa formule dont les recherches que j'ai effectuées avec M. Lapique, démontrèrent l'exactitude et la généralité, que pour la discussion de son interprétation, de reproduire son raisonnement du moins dans ses traits essentiels.

Le fait capital qui servit de point de départ à l'induction de Dubois, c'est que « universellement chez les petits animaux, comme nous l'avons dit déjà, le poids de l'encéphale est rela-

tivement plus élevé, ou si l'on préfère, les petits animaux possèdent par rapport au poids de leur corps plus d'encéphale que les animaux appartenant au même groupe systématique, mais qui ont le corps plus grand. » C'est en cherchant l'explication de ce fait assez anciennement connu, puisque Cuvier pouvait déjà dire que « toutes choses égales les petits animaux possèdent proportionnellement les plus gros encéphales » que Dubois fut amené à formuler algébriquement dans le poids de l'encéphale total l'influence du facteur somatique.

Déjà Brandt (1) avait proposé une explication toute physiologique de la supériorité encéphalique des petits animaux. Chez ceux-ci, en égard à la surface de leur corps, la perte de calorique et par conséquent l'échange des matières est plus intense, la circulation et la respiration sont plus actives; les procès physiologiques qui tous sont sous la dépendance du système nerveux central, doivent avoir par conséquent des centres d'autant plus développés. Les petits animaux ayant des procès physiologiques plus actifs, devraient donc posséder des centres nerveux plus développés, car la surface extérieure de l'animal est, en même temps, sa surface sensitive, et celle-ci est relativement plus grande chez les petits animaux. »

Brandt voyait en somme dans le développement de l'encéphale en fonction de la surface corporelle une raison toute physiologique.

Sa démonstration est, si je puis dire, en deux temps :

1^o L'intensité des échanges est fonction directe du développement relatif de la surface corporelle, et cette surface relative est plus développée chez les petits animaux pour cette raison bien simple qu'en assimilant deux animaux de même forme, mais très inégaux par leur poids et leur volume à deux polyèdres semblables, les surfaces croissent comme les carrés et les volumes ou les masses comme les cubes des dimensions homologues. En un mot, la surface croît moins vite que la masse.

2^o A ces échanges plus intenses qui sont, ainsi que Brandt

(1) Brandt, Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou, 1867, I×4, 2, p. 525-513.

l'admet sans discussion, sous la dépendance de l'encéphale doit correspondre un développement relatif prépondérant de celui-ci.

Cette manière de voir fut celle de Snell (1) et de Fürbriuner (2).

Dubois est également parti de ce point de vue que le facteur somatique dont dépend en partie le développement de l'encéphale était, non pas la masse du corps (comme dans la conception de Manouvrier), mais la surface.

Seulement, au lieu d'envisager cette relation, ainsi que l'avaient fait Brandt, Snell et Fürbriuner, à un point de vue purement physiologique (l'étendue de la surface relative du corps n'étant aux yeux de ces auteurs que la mesure de l'intensité des échanges), il l'envisagea, lui, en anatomiste et en histologiste. Ce fut là sa réelle originalité ; et c'est à ce parti pris très heureux que nous devons la plus pénétrante analyse à coup sûr, qu'on ait faite encore de la loi de croissance du poids encéphalique.

Nous ferons d'importants emprunts au long mémoire qu'il fit paraître sur cette question dans le Bulletin de la Société d'Anthropologie (tome 8, fasc. 4-1897). Nous avons essayé de le résumer en le synthétisant, mais la crainte de défigurer une pensée assez complexe exprimée en une langue qui n'est pas la langue maternelle de l'auteur, nous a fait préférer la transcription intégrale des traits saillants et vraiment essentiels de sa démonstration.

D'après nos connaissances actuelles, dit Dubois, sur la structure du système nerveux, il faut admettre que les poids encéphaliques de deux animaux comparables, c'est-à-dire semblables comme forme, *également évolués organiquement et psychiquement*, mais très différents par la taille, seront en proportion du nombre des fibres nerveuses sensibles parvenant à l'encéphale. L'on ne peut d'ailleurs pas rapprocher directement la grandeur de la surface du corps de celle de la

(1) Arch. für Psychiatrie 1891, B D 23, p. 436.

(2) Untersuchungen zur Morphologie und systematik der Vögel, 1888, p. 1.639.

surface perceptive des sens et du nombre des fibres sensibles, même chez des animaux qui ne diffèrent que par la taille, et qui ont la même organisation.

Ce rapport est plus compliqué du fait que, à mesure que le corps est plus petit, le nombre des fibres sensibles nerveuses augmente relativement. « Une partie des surfaces perceptives des organes des sens devient relativement plus étendue, dans une autre partie de ces surfaces les terminaisons des fibres nerveuses sensibles deviennent plus denses ». Or, c'est seulement dans le nombre de ces fibres qu'on a à chercher la mesure de l'encéphale chez des animaux également évolués.

« Mais si l'on compare entre eux deux animaux de même taille, avec des surfaces perceptives des sens à peu près de même étendue, et un nombre de fibres nerveuses sensibles à peu près égal, *mais inégalement évolués*, organiquement et psychiquement, aura le cerveau le plus lourd, celui chez lequel les parties centrales d'arcs réflexes dont l'encéphale se compose auront atteint la plus haute complexité ».

Il faut pour bien comprendre cette seconde proposition rappeler avec Dubois certaines notions relatives à l'organisation du système nerveux central. Ces notions paraîtront peut-être un peu vieilles aux partisans des doctrines histologiques récentes. Mais les faits anatomiques invoqués par Dubois n'ont jamais cessé d'être vrais. Peu importe pour l'objet qu'il se propose que, à sa conception topographique du système nerveux on en puisse opposer une autre dont la légitimité n'est d'ailleurs pas certaine.

« Les recherches d'anatomie comparée et d'embryologie, nous dit-il, nous ont révélé que le système nerveux est formé primitivement d'unités se succédant sous forme de segments. A la suite de ce fait, les nerfs sensitifs de chaque partie du corps pénètrent aussi dans la moelle épinière des mammifères près du point où sortent les nerfs qui commandent les mouvements de la partie, et les impulsions arrivant par certaines fibres sensibles sont renvoyées aux muscles de la même partie... Plusieurs de ces unités sensori-motrices ou arcs réflexes primaires appartenant à divers segments sont en

connexité par les longs prolongements des cellules d'association et de cette manière des combinaisons motrices plus parfaites sont rendues possibles.

« Des coordinations encore plus compliquées et une efficacité plus grande des mouvements résultent d'une union semblable des appareils sensori-moteurs qui ont leurs organes terminaux placés au crâne dans les organes des sens supérieurs, avec des arcs réflexes primaires du sens dont le siège principal est la peau ; car ainsi les muscles se trouvent sous l'influence combinée de plus d'un sens.

« Sur les arcs sensori-moteurs primaires se développent des arcs sensori-moteurs secondaires qui ont leurs sommets dans les centres de l'écorce cérébrale. Les impulsions conduites par la voie des nerfs centripètes peuvent arriver aux centres des nerfs centrifuges de la moelle non seulement directement mais aussi par l'intermédiaire de cellules plus haut placées de l'écorce cérébrale, par là, l'acte est devenu conscient ».

A mesure que le mammifère atteint un plus haut degré de développement, il s'est formé, toujours d'après Dubois, des arcs sensori-moteurs secondaires de plus en plus nombreux. Les centres des appareils sensori-moteurs secondaires forment dans l'écorce du cerveau des zones de projection ainsi nommées : la zone tactile motrice, la zone visuelle, la zone auditive, la zone olfactive.

C'est dans ces centres qui constituent les zones de projection que réside le pouvoir de la perception.

Sur les appareils sensori-moteurs secondaires se développent enfin, entre ces différentes zones sensorielles, chez les mammifères supérieurs, comme arcs réflexes de l'ordre le plus élevé, les appareils d'association tertiaire, les centres d'association de Flechsig. D'après Flechsig, ils manquent complètement chez les rongeurs et sont encore peu développés chez les carnivores, mais atteignent chez les singes la même étendue que les centres sensoriels.

Chez l'homme, l'écorce grise est composée pour deux tiers de centres d'association. Par le fait qu'ainsi la perception des divers sens peuvent s'associer, le cerveau obtient enfin comme organe sa plus haute signification fonctionnelle.

Tout ceci nous amène à considérer l'encéphale comme cons-

titué par des unités présentant par les fibres d'associations, des relations d'autant plus complexes et enchevêtrées, et par suite d'autant plus nombreuses que l'animal se trouve à un plus haut degré de développement philogénétique.

Chez les animaux qui sont de même taille, la quantité de l'encéphale dépendra donc du nombre des fibres d'association.

Si l'on admet en faisant comme nous l'avons dit plus haut, une erreur volontaire, que le poids du cerveau chez des animaux d'organisation également élevée et de forme identique, augmente proportionnellement avec la surface du corps les poids de leurs encéphales doivent aussi être l'un à l'autre comme $\sqrt[3]{S^2} : \sqrt[3]{S^2}$ donc comme les racines cubiques des carrés du poids des corps. Au lieu de $\sqrt[3]{S^2}$ on peut aussi écrire $S^{2/3}$ ou bien $s^{0,666}$.

Suppose-t-on que la quantité de l'encéphale soit en proportion directe de la surface du corps 0,666 serait donc le nombre qui, comme exposant, doit être affecté au poids de deux ou plusieurs animaux exprimés par une certaine unité de poids pour donner le rapport du poids de leurs encéphales.

Qualifions ce nombre « l'exposant de relation » puisqu'il aide à exprimer l'étendue des relations avec le monde extérieur.

Voudrait-on comparer les poids d'encéphales d'animaux d'organisation d'un degré différent, la valeur trouvée $S^{0,666}$ devrait encore être multipliée pour chaque animal par un facteur qui exprime le degré « d'organisation de l'encéphale », la céphalisation relative de l'animal en question. Ce nombre que Dubois désigne par la lettre c , c'est le facteur de céphalisation, c'est un facteur psychique, analogue de la quantité i dans l'expression du poids encéphalique formulée par Manouvrier.

Supposons donc que nous comparions entre eux deux animaux adultes, de forme semblable, également évolués au point de vue organique et psychique, mais très inégaux sous le rapport de la taille ; soit e le poids de l'encéphale, et s le poids du corps du plus petit, E le poids de l'encéphale, et S le poids du corps le plus grand, r l'exposant de relations et c pour tous deux le même facteur de céphalisation,

On peut écrire les rapports suivants :

$$E : e = c S^r : c s^r .$$

$$E : e = S^r : s^r .$$

$$\left(\frac{S}{s}\right)^r = \frac{E}{e} \text{ et } r = \frac{\log E - \log e}{\log S - \log s} .$$

La valeur de r doit théoriquement être égale à 0,666, si l'on ne tient pas compte de la plus grande étendue et de la plus grande densité de la surface sensorielle chez les petits animaux. Si l'on en tient compte, et pratiquement il faut en tenir compte, on doit s'attendre à trouver pour r une valeur inférieure à ce chiffre.

Mais de combien, c'est ce qu'il n'est pas possible d'évaluer a priori.

Pour calculer r , Dubois choisit parmi les séries de pesées communiquées par Weber (1) chaque fois deux espèces de différents groupes, en faisant attention à ce qu'elles soient autant que possible semblables quant à la forme du corps et également évoluées mais très différentes en taille.

En outre, les animaux comparés étaient adultes et représentaient la taille et le poids normaux pour l'espèce.

Il retint douze espèces réalisant ces conditions et rendant 7 comparaisons possibles permettant de calculer 7 fois l'exposant de relations r .

Et « c'est certes, dit-il, une surprenante et belle confirmation de la justesse de nos idées actuelles sur l'organisation du système nerveux que chaque fois des données si différentes conduisaient au résultat qui pouvait être attendu d'après ces idées. Toujours la valeur calculée pour r se trouvait inférieure, mais pas trop, à 0,666 ».

Voici, en effet, le tableau résumant les calculs de r sur les sept paires d'espèces.

(Voir page suivante).

(1) Nouv. arch. Museum, 3^e série. T. VII 1895, p. 32.

ANIMAUX COMPARÉS	EXPOSANT de relation
<i>Simia satyrus</i> et <i>Hylobates syndactylus</i>	0 5493
<i>Simia satyrus</i> et <i>Hylobates leuciscus</i>	0,5854
<i>Oryx beisa</i> et <i>Cephalophus maxwelli</i>	0,5769
<i>Felis concolor</i> et <i>Felis domestica</i>	0,5751
<i>Felis leo</i> et <i>Felis domestica</i>	0,5446
<i>Mus decumanus</i> et <i>Mus musculus</i>	0,5564
<i>Sciurus bicolor</i> et <i>Sciurus vulgaris</i>	0,5412
Moyenne.	0,5613

Les valeurs trouvées pour r restent comme on voit sensiblement constantes ; la valeur moyenne est 0,56, les valeurs les plus éloignées étant 0,54 et 0,58 (écart insignifiant si l'on tient compte des variations individuelles).

C'est donc, vraiment, conclut Dubois, l'étendue et la densité de la surface sensorielle qui déterminent la quantité de l'encéphale chez des animaux d'organisation égale.

La valeur de r une fois déterminée, et reconnue constante par un nombre suffisamment grand de déterminations, on déduit de l'équation $E = c S^{0,56}$ la valeur de c pour chaque animal.

Dubois a calculé c pour un assez grand nombre d'espèces et les résultats obtenus correspondent parfaitement bien à ce que l'on imaginait relativement à l'intelligence de ces espèces.

(Voir tableaux pages 21 et 22).

TABLE IV.

	POIDS en grammes		POIDS relatif de l'encé- phale	Facteur de cépha- lisation	
	du corps	de l'encé- phale			
<i>Homo sapiens</i> L. ♂ 1).	66200	1431	1/46	2.8186	Moyennes de 25 indiv.
<i>Homo sapiens</i> L. ♀ 1).	54800	1224	1/45	2.6778	Moyennes de 33 indiv.
<i>Simia satyrus</i> L. ♂ 2).	73500	400	1/183	0.7423	
<i>Hylobates syndactylus</i> Desm. ♀	9500	130	1/73	0.7607	
<i>Hylobates leuciscus</i> Kuhl ♀	6250	94.5	1/66	0.6994	
<i>Semnopithecus maurus</i> Desm. ♂ 3).	8800	70	1/126	0.4276	
<i>Macacus cynomolgus</i> L. ♂ 4).	12000	71	1/169	0.3636	
<i>Midas rosalia</i> L. ♀ . .	335	12.8	1/26	0.4897	
<i>Nycticebus tardigradus</i> L. ♂	500	8.18	1/61	0.2499	
<i>Elephas indicus</i> L. ♂ 5).	3048000	5443	1/560	1.2484	$c = 0,4000$, si $r = 0,6375$
<i>Equus caballus</i> L. . 6).	375000	615	1/698	0.4573	Moyennes de 30 indiv. ♂ et ♀
<i>Equus asinus</i> L. ♂ . 7.	175000	385	1/457	0.4390	
<i>Tapirus americanus</i> L. ♂	160000	169	1/947	0.2026	
<i>Capra hircus</i> L. . . . 7).	37500	124	1/302	0.3358	
<i>Oryx beisa</i> Rüpp. ♂ . .	107000	280	1/382	0.4209	0,3514
<i>Cephalophus maxwelli</i> H. Sm.	3357	38	1/88	0.3987	0,3514
<i>Camelopardalis giraffa</i> Schreb. ♂	529000	680	1/778	0.4169	0,3394
<i>Tragulus javanicus</i> Pal. ♂	2037	15.85	1/129	0.2202	si $r = 0,5769$
<i>Hippopotamus amphibi-</i> <i>bius</i> L. ♀ 8).	1755000	582	1/3013	0.1819	
<i>Balaenoptera sibbaldi</i> Gray 9).	74000000	7000	1/10571	0.2680	$c = 0,2263$ si $s = 1000$ 0 K. G. (poids rel. de l'en- céphale $= \frac{1}{14286}$)
<i>Mustelaputorius</i> L. ♀ 10)	593	7.8	1/76	0.2186	
<i>Lycan pictus</i> Temm. ♂	25400	131	1/193	0.4413	très vieux.
<i>Canis familiaris lappon.</i> ♂	12040	70	1/72	0.3586	vieux.
<i>Canis familiaris Bernh.</i> ♂ 11).	46000	123	1/373	0.2970	
<i>Canis familiaris Bernh.</i> ♂ 11).	53000	123	1/430	0.2743	

	POIDS en grammes		POIDS relatif de de l'encé- phale	Facteur de cépha- lisation	
	du corps	de l'encé- phale			
<i>Canis familiaris</i> Leonb. ¹¹⁾	59000	135	1/437	0.2834	
<i>Viverra civetta</i> Schreb. ♂	8500	42.1	1/202	0.2623	
<i>Paradoxurus musanga</i> Gray	3100	22	1/141	0.2414	
<i>Felis leo</i> L. ♂	119500	219	1/546	0.3093	
<i>Felis concolor</i> L. ♂	44000	137.5	1/320	0.3403	
<i>Felis domestica</i> Gm. ♂	3300	31	1/106	0.3284	Moyennes de 5 indiv.
<i>Lepus cuniculus</i> L. ♂ (ferus). ¹²⁾	1420	9.7	1/146	0.1614	
<i>Lepus cuniculus</i> L. ♀ (ferus). ¹²⁾	1032	8.9	1/116	0.1810	
<i>Hydrochoerus capybara</i> Erxl. ♂	28500	75	1/393	0.2369	0,1728 si s = 50 kg.
<i>Logostomus trichodactylus</i> Brookes . . ¹³⁾	3854	8.8	1/439	0.0855	
<i>Mus decumanus</i> Pall. ♂	448	2.36	1/190	0.0767	Moyennes de 3 indiv.
<i>Mus musculus</i> L. ♀	21	0.43	1/49	0.0779	
<i>Castor canadensis</i> Kuhl ♂	19500	35.6	1/548	0.1391	
<i>Sciurus bicolor</i> Sparrm ♂	1400	12	1/116	0.2057	
<i>Sciurus vulgaris</i> L. ♂	389	6	1/65	0.2111	
<i>Myrmecophaga jubata</i> L. ♀	28086	84	1/334	0.2675	0,2193, si s = 40 kg.
<i>Manis javanica</i> Desm. ¹⁵⁾	8000	13	1/615	0.0837	
<i>Pteropus edulis</i> Geoff. ♂	1262.5	10.6	1/119	0.1926	Moyennes de 2 indiv.
<i>Vespertilio murinus</i> Schreb. ♂	33.3	0.445	1/75	0.0431	r = 0,5666.
<i>Vespertilio mystacinus</i> Leisl. ♂	6.5	0.150	1/42	0.0431	" "
<i>Rhinolophus ferrum equinum</i> Schreb. ♀ ¹⁷⁾	23.5	0.350	1/67	0.0436	r = 0,6393.
<i>Tupaia javanica</i> Horsf. ♂	104	2.54	1/41	0.1874	
<i>Erinaceus europaeus</i> L. ♀	885	3.15	1/281	0.0698	
<i>Sorex vulgaris</i> L. . . ²⁰⁾	2.9	0.125	1/23	0.0688	
<i>Talpa europaea</i> L. . . ²¹⁾	95	0.962	1/99	0.0746	Moyennes de 12 indiv.
<i>Didelphys marsupialis</i> L. ♂	3480	6.5	1/535	0.0668	♂ et ♀

Cette valeur de c , coefficient de céphalisation, qui est l'expression pondérale d'une structure histologique plus ou moins complexe d'une céphalisation plus ou moins grande du système nerveux central, c'est approximativement la mesure du degré d'évolution organique et psychologique de l'animal, de son intelligence, au sens le plus général et le plus physiologique de ce mot, s'étendant non pas seulement aux qualités intellectuelles proprement dites, mais à des qualités psychiques secondaires comme l'acuité de la vision, l'aptitude à la coordination des mouvements, la finesse de l'ouïe, etc.

Maintenant, quel est le sens exact de l'expression 0,56 ?

Est-ce, comme le veut Dubois, une expression atténuée en quelque sorte, de la surface ? Faut-il admettre cette conception ; faut-il admettre qu'elle est la représentation, non pas d'une seule grandeur géométrique, mais d'un complexe de grandeurs géométriques. Peu importe pour l'instant ; le fait essentiel est de savoir que le poids encéphalique d'animaux également évolués est proportionnel à l'expression $S^{0,56}$. *La valeur du quotient $S^{0,56}/S$ et corrélativement le poids relatif de l'encéphale, étant toujours plus élevée chez les animaux de petite taille que chez les grands.* Il est possible que tout le raisonnement anatomique et histologique de Dubois, dont l'objet était de lever l'apparente contradiction des deux lois de croissance : celle du poids absolu et celle du poids relatif de l'encéphale, comporte une part d'arbitraire.

Peu nous importe ; nous ne voulons retenir qu'un fait qui est essentiel et dont l'honneur de l'avoir trouvé revient tout entier à Dubois, à savoir que dans les conditions de comparaison où il s'est placé, les poids encéphaliques de deux animaux supposés également évolués, mais inégaux quant à la taille, croissent proportionnellement à une puissance constante du poids du corps.

Il est à peine besoin de remarquer que la formule qui présente le poids encéphalique sous la forme d'un produit de deux facteurs l'un céphalique et psychique et l'autre somatique échappe à l'objection principale faite à sa devancière puisque

la valeur du coefficient de céphalisation c est entièrement indépendante du poids corporel, et que le produit de c par $S^{0,56}$, c'est-à dire le poids de l'encéphale pourra même pour une valeur élevée de c tendre vers une quantité infiniment petite quand la masse organique de l'individu tendra elle-même vers zéro.

En un mot, elle n'implique pas la nécessité, en contradiction avec ce que la plus banale observation permet de constater, qu'un animal atteigne une certaine taille pour présenter un certain niveau d'intelligence.

CHAPITRE II

Loi de croissance du poids de l'encéphale chez les oiseaux.

En comparant entre eux des chiens de taille très différente, mais également évolués, « les différences possibles d'intelligence correspondant à des différences de races, se trouvant écartées par l'emploi de moyennes », Lapique trouva, en 1898, que la loi de croissance du poids de l'encéphale en fonction du poids du corps, telle que l'avait primitivement formulée Dubois, n'était applicable aux chiens qu'avec une valeur différente de l'exposant de relation (0,25 au lieu de 0,56).

Dubois trouva d'ailleurs, la même année, des faits analogues sur l'homme. Laissons de côté pour le moment l'explication histologique possible de cette valeur minime de l'exposant, et remarquons seulement que les conditions réalisées dans ces comparaisons se trouvaient être différentes de celles où s'était placé primitivement Dubois, qui comparait entre elles des espèces semblables, et non des races.

Dans ces conditions, il se pouvait que la valeur de r observée ne fût pas un fait isolé ; que la loi de croissance de l'encéphale ne fût pas la même de race à race que d'espèce à espèce semblables, sans que la loi de Dubois cessât d'être vraie lorsqu'on réalisait les conditions qu'elle prévoit, et cela quel que fût le groupe naturel envisagé (mammifères, oiseaux, reptiles, poissons).

Mais il se pouvait aussi que la valeur 0,56 trouvée par Dubois pour les mammifères ne fût vraie que pour eux ; que pour d'autres groupes naturels, elle cessât de l'être, et qu'un groupe naturel donné fût caractérisé par une valeur particulière de

l'exposant r . Dans ce cas, cet exposant revêtait, si l'on peut dire, un caractère zoologique, et l'explication histologique que Dubois proposait de sa valeur en perdant de sa généralité, perdait de sa vraisemblance et de son intérêt.

Afin d'éclaircir ce point, je résolus, sur les conseils de M. Lapique, de m'adresser à un groupe naturel autre que celui des mammifères, mais dont la structure encéphalique, sans doute très différente, ne fut pourtant pas morphologiquement trop éloignée de celle des mammifères; il fallait que l'identification des parties composantes de l'encéphale fût facile et qu'il n'existât point de doute sur le rôle physiologique dévolu à chacune d'elles. Il était tout naturel de s'adresser aux oiseaux.

Nous n'avons trouvé dans la science qu'un très petit nombre de chiffres relatifs au poids encéphalique des oiseaux; et ils ne nous ont pas paru utilisables, tellement ils différaient de ceux trouvés par nous pour les mêmes animaux. La plupart des chiffres sont trop faibles, et nous nous sommes aisément expliqué cette faiblesse en constatant l'extraordinaire rapidité avec laquelle les petits encéphales perdent de leur poids en se déshydratant. On ne trouve en outre aucune indication relative à l'état sanguin ou exsangue, au dépouillement ou à la conservation des séreuses enveloppantes lors de la pesée, qui sont des facteurs dont il importe grandement de tenir compte dans l'évaluation du poids encéphalique. En outre, le repérage exact de la section dans la région bulbaire qu'il faut pour la légitimité des comparaisons faire toujours au même endroit, ne se trouve pas indiqué.

Nous n'avons donc pu utiliser que nos propres chiffres.

Nous avons pris les plus grandes précautions pour éviter les pertes de poids par évaporation; la dissection a toujours été faite dans une petite cage vitrée, ouverte d'un seul côté, par où l'opérateur introduisait ses mains; un jet de vapeur d'eau maintenait ruisselantes les parois, une petite tente en caoutchouc empêchait qu'une goutte d'eau condensée ne tombât sur la préparation. Après la pesée, l'encéphale extrait était abandonné dans les mêmes conditions pendant un temps égal à la moitié du temps qu'avait duré la dissection, et l'on faisait une seconde pesée pour introduire au besoin une correction.

Nous avons commencé par enregistrer passivement les poids corporels et encéphaliques de plus de 100 oiseaux appartenant à 58 espèces différentes, sans souci des relations qui pouvaient se dégager de ces données pondérales.

Nos oiseaux nous provenaient de trois sources différentes : le Prince de Monaco fit tuer pour nous, dans l'une de ses propriétés, des oiseaux d'eau et des oiseaux nuisibles, et d'autre part on nous apportait du Museum les cadavres que les gardiens ramassaient dans les cages au cours de leurs tournées quotidiennes ; enfin, nous avons fait peser les oiseaux domestiques (poules, oies, canards vivants) dont nous recueillions ultérieurement les poids encéphaliques chez des marchands de volaille. La valeur scientifique et documentaire de ces diverses données pondérales n'était bien entendu pas égale ; les poids des oiseaux non domestiqués tués en pleine vie et en pleine santé étaient évidemment les plus physiologiques, les plus normaux ; les poids corporels des oiseaux que nous envoyait le Museum, étaient ceux d'animaux émaciés en général (le froid, cependant, faisait aussi des victimes). Le poids de l'encéphale n'étant presque pas influencé par l'émaciation, il pouvait en résulter de sérieuses erreurs, si nous n'en avions tenu compte. Enfin, une cause d'erreur du signe contraire existait pour les volailles et oiseaux domestiques engraisés dans un but comestible. Nous acceptons ces oiseaux au fur et à mesure qu'ils nous parvenaient sans souci de l'espèce à laquelle ils pouvaient appartenir, de la série naturelle où l'on pouvait les ranger ; et quand nous eûmes ainsi colligé les chiffres relatifs à 110 oiseaux, nous portâmes en abscisse leur poids corporels en ordonnées leur poids encéphalique et nous nous appliquâmes à voir quelles relations se dégageaient du tableau ainsi constitué.

La première impression fut celle de la plus parfaite incohérence ; les points représentatifs des poids encéphaliques se dispersaient comme des grains de plomb sur une cible, sans qu'il fût possible en apparence de saisir l'indication d'une loi. Toutefois, à examiner les choses plus attentivement, nous ne tardâmes pas à nous apercevoir que les poids encéphaliques des animaux appartenant à une même famille naturelle se disposaient fort régulièrement (aussi régulièrement du moins que pouvaient le permettre les variations individuelles même

réduites comme elles le sont ici) en courbes qu'on pouvait, en les prolongeant par la pensée, faire passer par le point d'origine.

Nous allons, pour rendre cette assertion plus saisissable, successivement grouper des oiseaux dont la parenté ethnique n'est pas douteuse, et examiner pour chacun des groupes ainsi formés comment se disposent les poids encéphaliques.

Mais au lieu de rapporter nos données pondérales à une échelle arithmétique, nous les rapporterons à une échelle logarithmique (1); nous y gagnerons en clarté; au lieu de courbes, nous aurons des droites très sensiblement parallèles; ces droites couperont les ordonnées à des hauteurs différentes correspondant à des valeurs différentes des coefficients angulaires des courbes qui seraient rapportées à une échelle arithmétique. (Voir tableau page 32).

Le n° 55 (*palaeormis docilis*) 73 (*amazona amazonica*) et 45 (*amazona amazonica*) appartiennent évidemment à la même famille naturelle, et leurs poids encéphaliques se disposent sur une droite; le n° 73, dont nous avons noté l'état d'émaciation, doit s'en écarter un peu; la droite théorique passerait donc plus près du n° 45. Cette série est peu nombreuse. La droite que nous faisons passer par ces trois points est plus imaginée que réelle; les points intermédiaires correspondant à des données pondérales réelles font défaut. Nous verrons cependant plus loin que même en l'absence de ces points intermédiaires, on peut légitimement conclure que la direction de la droite correspondant à cette série naturelle, sa hauteur par rapport à l'axe des X est approximativement celle que nous indiquons.

Autre série; les poids encéphaliques du n° 76 (*pica pica*) 99 (*garrulus glandarius*) 96 bis (*pica pica*) 78 (*garrulus glandarius*) 90 (*colæus monedula*) 95 (*corvus cornix*) 88 (*corvus corone*) et 89 et 92 (*corvus cornix*) doivent se ranger sans doute possible dans une même famille naturelle, et ils jalonnent avec plus de continuité une droite nouvelle; les écarts soit au-dessus, soit au-dessous de la droite théorique, c'est-à-dire passant

(1) Voir pour ce mode de représentation Lapique : *Bulletin de la Société d'Anthropologie de Paris*, séance du 2 mai 1907.

par les points moyens, sont fort petits et tout à fait dans les limites des variations individuelles inévitables.

La troisième droite est jalonnée par les n^{os} 110 (*accipiter nisus*) 116 (*idem*) 49 et 87 (*Buteo buteo*).

Cette droite est nettement distincte de celle qui passerait par les n^{os} 114, 115 (*astur*?) il s'agit là sans aucun doute de deux genres qui ne se confondent pas.

Nous pouvons mettre en série avec le n^o 44 (*larus argentatus*) quatre *sterna hirundo* les n^{os} 81, 82, 83, 84, dont nous pouvons prendre les poids corporels et encéphaliques moyens (soit 241 grammes et 2,913, nous aurons ainsi deux points.

Les n^{os} 98 (*anas querquedula*) 97 (*idem*) et 79 (*idem*) 86 et 80 (*anas boschas*) sont également en série; lors de la dissection, l'encéphale de la sarcelle 79 a subi des pertes dont il nous faudra tenir compte dans nos calculs futurs.

Mais voici un autre phénomène assez surprenant : la ligne des poids encéphaliques des canards domestiques n^{os} 43, 9, 6, 4 et 42, est nettement distincte de celle des canards sauvages et des sarcelles ; elle ne la coupe en aucun point ; il faut donc admettre ou bien que la souche ethnique des variétés domestiques n'est pas l'*anas boschas*; ou bien que, si c'est bien là la souche ethnique, l'effet de la domestication a été d'abaisser considérablement le poids encéphalique puisque, alors que le plus lourd de nos canards sauvages, qui pèse 1,230 grammes, a un encéphale de 6 gr. 850, le moins lourd de nos canards domestiques, qui pèse 870 grammes de plus n'a que 5 gr. 453 d'encéphale. Soit 1,397 en moins.

Il est bien difficile, impossible même, de ne point voir dans l'*anas boschas* la souche ethnique des variétés domestiques. Au surplus, l'abaissement du poids encéphalique corrélatif de la domestication, n'est point pour nous surprendre.

Darwin l'a signalé (*Variations des espèces animales et végétales par la domestication*, Trad, Carl Vogt) à propos du lapin. Nous nous occupons d'ailleurs, M. Lapique et moi (1) de réunir relativement à la loi de croissance de l'encéphale chez les espèces domestiques des faits et des documents; c'est une ample question que nous préférons ne pas aborder ici, limi-

(1) Lapique et Girard, C. R. Société Biologie, 1^{er} juin 1907.

tant ce travail à l'étude de la loi de croissance de l'encéphale d'espèces à espèces semblables, et non pas de variétés à variétés dans les limites d'une même espèce. Je n'insisterai pas sur le cas particulier des canards domestiques.

Reste une dernière série intéressante à considérer, la série des gallinacées.

Avec les n^{os} 120 et 121 (coq et poule Bentham) 5 et 26 (*phasianus colchicus*) 41 et 26 (*gallus domesticus*) 61 (*pavo cristatus*) il est possible de construire une droite générale, d'où dérivent visiblement deux droites (l'une d'elles surtout est nettement indiquée) qui sont presque parallèles à la ligne des abscisses. La droite générale passerait par le n^o 120, entre les n^{os} 5, 41 et 26, et à proximité du n^o 61, et deux lignes droites presque parallèles dont l'une serait jalonnée par les n^{os} 120 et 121 (variété Bentham) et l'autre par les n^{os} 41, 7 et 40 (coqs et poules communs) la couperaient en deux points.

Les oiseaux dont les poids encéphaliques composent ces droites, sont de même espèce et diffèrent seulement par la variété; ce sont des droites de variétés domestiques. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

Mais nous pouvons remarquer en passant que ces droites témoignent d'une croissance très lente du poids de l'encéphale avec la taille; c'est exactement le même fait vu par Lapique sur le chien et par Dubois sur l'homme; nous entrevoyons ici une vérité sur laquelle encore une fois nous ne voulons pas insister; mais dès maintenant la différence dans la loi de croissance se traduit graphiquement en termes saisissants.

Nous venons d'illustrer par un certain nombre d'exemples cette assertion que pour une série naturelle donnée, les poids encéphaliques des oiseaux qui la composent croissent en fonction du poids du corps suivant une certaine loi, qui graphiquement se traduit par une droite; ces droites, à ne considérer que celles où figurent les poids encéphaliques d'espèces diverses, laissant de côté les droites figuratives de la loi de croissance de l'encéphale chez les variétés domestiques d'une même espèce, ces droites, dis-je, diffèrent entre elles par leur distance à l'axe des X. On a donc cette impression très nette que pour chaque série naturelle les poids encéphaliques croissent en fonction des poids corporels suivant une

loi déterminée ; l'expression particulière de cette loi varie d'ailleurs d'une série à l'autre.

Mais quelle est donc l'expression générale de cette loi ? La formule de Dubois s'applique-t-elle ici ? Peut-on exprimer le poids encéphalique en fonction d'un certain coefficient variable selon le degré d'évolution organique de la famille naturelle à laquelle l'oiseau appartient et d'une certaine puissance, constante celle-là, quelle que soit la série naturelle, du poids du corps. Les courbes (si l'on se rapporte à une échelle arithmétique) passent par l'origine, ce qui rend plus que probable que l'équation générale de la courbe s'exprime par un produit dont un des facteurs doit varier selon la valeur du coefficient angulaire. Mais la valeur de l'exposant de relation, valeur moyenne évidemment, et approximative en raison des variations individuelles, est-elle la même que celle trouvée par Dubois pour les mammifères, ou bien en diffère-t-elle ? Remarquons que, à ne considérer, comme nous avons annoncé que nous voulions le faire, que les lignes droites ou courbes où figurent les poids encéphaliques d'oiseaux d'espèces différentes, exclusion faite de celles où figurent seulement des variétés domestiques d'oiseaux de même espèce, les conditions où nous nous plaçons, sont exactement celles où s'était placé Dubois. Examinons chaque ligne isolément et calculons pour chaque série naturelle, c'est-à-dire pour chaque courbe, les valeurs des exposants de relation au moyen des poids encéphaliques et des poids corporels des animaux qui la composent, conformément à l'équation posée par Dubois lui-même.

Tous nos chiffres, nous le savons d'avance, ne pourront être utilisés, il faudra que les poids corporels des oiseaux comparés présentent un écart suffisant, il faudra en outre établir pour chaque chiffre pondéral suspect (émaciation, excès d'embonpoint, ou pertes encéphaliques) une critique judicieuse. Il faudra enfin que les oiseaux comparés se rangent en familles naturelle. Nous pourrions avoir sur la ligne représentative d'une famille naturelle, des points constitutifs d'une autre ligne qui couperait celle-là ; c'est ainsi que sur la courbe de la série pies, geais, corbeaux, etc., nous avons un merle et deux pies qui sont hors série pourtant ; sur celle des paons, fa sans, etc., nous avons une bécasse.

Ces réserves faites, nous pouvons faire entrer en ligne de

compte dans le calcul de l'exposant de relation le n° 55 (*palaeornis docilis*), le n° 44 (*amazona amazonica*). Nous écartons volontairement le n° 73 (*id.*) dont l'état d'émaciation extrême a été noté à l'autopsie. La valeur de r calculée avec ces données est égale à

$$r = \frac{\log 7,828 - \log 3,578}{\log 340 - \log 90} = 0,58$$

chiffre très voisin du chiffre trouvé par Dubois pour les mammifères (0,56), ce sont les seuls chiffres que nous puissions utiliser pour cette droite.

Passons à la série des corbeaux, corneilles, choucas, pies et geais.

Nous écarterons à dessein de nos calculs le n° 96 bis (pie), parce qu'il est signalé comme ayant subi, lors de la dissection, des pertes encéphaliques.

Si nous comparons le n° 99 au n° 95, on a :

$$r = \frac{\log 8,445 - \log 3,905}{\log 500 - \log 150} = 0,62$$

Les n°s 78 et 88 donnent :

$$r = \frac{\log 8,425 - \log 4,775}{\log 560 - \log 180} = 0,50$$

Les n°s 76 et 95 donnent :

$$r = \frac{\log 8,455 - \log 2,933}{\log 500 - \log 85} = 0,59$$

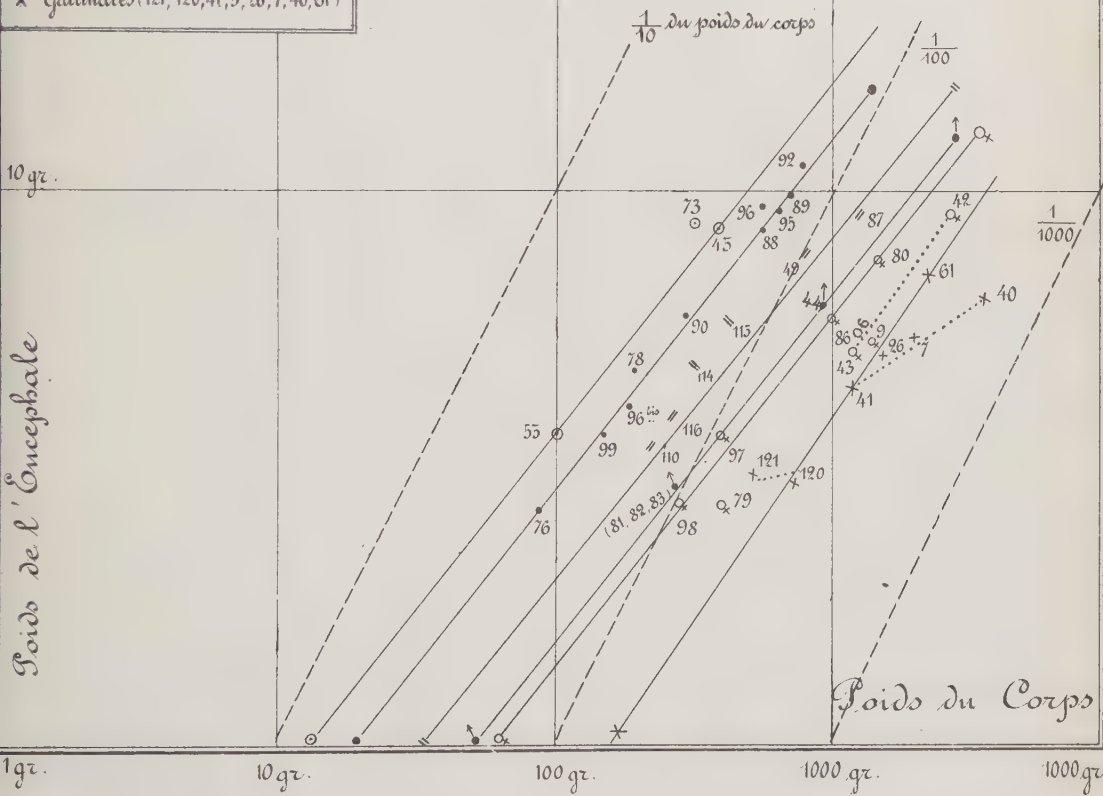
Les n°s 78 et 90 donnent :

$$r = \frac{\log 5,555 - \log 4,765}{\log 230 - \log 180} = 0,61$$

Les n°s 76 et 78 donnent :

$$r = \frac{\log 4,775 - \log 2,935}{\log 180 - \log 85} = 0,62$$

- Perroquets (55, 73, 45)
 • Corvidæ (76, 99, 96⁶⁰, 78, 90, 96, 88, 89, 92, 95)
 Accipitrinæ { = Accipiter (110, 116, 49, 87)
 " = Astur (114, 115)
 ♂ Laridæ (81, 82, 83, 84, 44)
 ♀ Anadidæ (98, 79, 97, 43, 9, 6, 86, 80, 42)
 × Gallinacés (121, 120, 41, 5, 26, 7, 40, 61)



Les n^{os} 90 à 95 donnent :

$$r = \frac{\log 8,455 - \log 5,555}{\log 500 - \log 230} = 0,54$$

En somme, les valeurs des exposants de relation varient pour cette série naturelle, de 0,50 à 0,62, soit comme moyenne 0,56, qui est exactement le chiffre théorique trouvé par Dubois.

Nous arrivons à la série constituée avec les n^{os} 49 et 87 (*buteo buteo*) et les n^{os} 110 et 116 (tous deux *accipiter nisus*).

Les n^{os} 110 et 87 donnent :

$$r = \frac{\log 8,195 - \log 3,170}{\log 1,307 - \log 845} = 0,56$$

Les n^{os} 49 et 116 donnent :

$$r = \frac{\log 7,328 - \log 3,400}{\log 960 - \log 230} = 0,53$$

Autre série :

Les n^{os} 44 (*larus argentatus*) et les *sterna hirundo* n^o 82, 83, 84, 85, dont nous avons pris les poids corporels et encéphaliques moyens donnent :

$$r = \frac{\log 6,328 - \log 1,913}{\log 1,000 - \log 241} = 0,54$$

Une série nous est encore donnée par les n^{os} 98, 97 et 79 (*anas querquedula*) et 86 et 80 (*anas boschas*). Nous écartons toutefois, de prime abord, le n^o 79, pour les raisons que nous avons indiquées plus haut.

Les n^{os} 97 et 80 donnent :

$$r = \frac{\log 6,850 - \log 3,225}{\log 1,230 - \log 305} = 0,53$$

Les n^{os} 98 et 86 donnent :

$$r = \frac{\log 5,745 - \log 2,780}{\log 915 - \log 260} = 0,57$$

Les n^{os} 97 et 86 donnent :

$$r = \frac{\log 5,745 - \log 3,255}{\log 915 - \log 305} = 0,51$$

Pour les n^{os} 106 (*spatula clypeata*) et 94 (*mareca penelope*) la valeur de l'exposant de relation calculée en faisant entrer leurs poids corporel et encéphalique dans la formule logarithmique est

$$r = 0,58.$$

Il nous reste une dernière série, celle des gallinacées.

Le n^o 56 et le n^o 61 donnent :

$$r = \frac{\log 5,713 - \log 1,730}{\log 1,190 - \log 270} = 0,50$$

Les n^{os} 120 et 7 donnent :

$$r = \frac{\log 4,295 - \log 2,750}{\log 1,170 - \log 780} = 0,58$$

Les n^{os} 61 et 5 donnent :

$$r = \frac{\log 5,713 - \log 4,056}{\log 2,200 - \log 1,190} = 0,54$$

En somme, si nous envisageons pour chacune des séries que nous avons examinées les valeurs de l'exposant de relation, nous voyons qu'elles sont comprises entre 0,50 et 0,60, 0,55 est approximativement la valeur moyenne. C'est à très peu de chose près la valeur trouvée par Dubois ; nous pensons donc être en état de répondre à la question que nous nous posions au début ; la loi de croissance de l'encéphale en fonction du poids du corps est pour les oiseaux sensiblement la

même que celle trouvée par Dubois pour les mammifères, et la valeur de l'exposant de relation reste pour les deux groupes naturels approximativement égale à 0,56. La constance de cet exposant nous permet donc d'exprimer, en appelant y les poids corporels et x les poids encéphaliques par la formule $y = c x^m$ ($m = 0,56$), la loi de croissance de l'encéphale en fonction du poids du corps et de tirer de l'équation $y = c x^m$ la valeur de c pour chaque oiseau. Cette valeur de c (coefficient de céphalisation de Dubois), doit rester sensiblement la même dans les limites des variations individuelles pour tous les oiseaux d'une même série naturelle ; elle caractérise approximativement le degré d'évolution organique d'une série donnée ; c'est la partie non somatique du poids encéphalique ; nous pouvons même dire psychique si nous entendons ce mot dans une acception suffisamment générale ; n'oublions pas d'ailleurs qu'il s'agit de l'encéphale tout entier aussi bien du cervelet, du bulbe, des tubercules, bijumeaux que du cerveau proprement dit. L'excédent pondéral de la partie non somatique de l'encéphale peut correspondre à un développement prépondérant et corrélativement à une plus grande activité fonctionnelle de l'une quelconque de ces parties ; nous avons donc calculé la valeur de ce coefficient pour les divers oiseaux qui composent les séries naturelles. Voici quelques chiffres qui ne représentent d'ailleurs qu'une première approximation :

(Voir tableau page 36).

		POIDS du corps.	POIDS de l'encéphale.	c
Perruche. . . .	<i>Palæornis docilis.</i> . . .	90	3,578	0,29
Perroquet	<i>Amazona amazonica</i> . . .	340	7,828	0,30
Pie.	<i>Pica pica</i>	85	2,935	0,24
Geai	<i>Garrulus glandarius</i> . . .	150	3,985	0,25
Chouca	<i>Colæus monedula</i> . . .	230	5,555	0,26
Corneille. . . .	<i>Corvus cornix.</i>	500	8,455	0,26
Corbeau	<i>Corvus corone.</i>	560	8,425	0,24
Emouchet	<i>Accipiter nisus</i>	245	3,170	0,14
Buse	<i>Buteo buteo.</i>	960	7,328	0,15
Mouette	<i>Sterna hirundo</i>	275	3,400	0,13
Goëland	<i>Larus argentatus.</i> . . .	1,000	6,328	0,13
Sarcelle	<i>Anas querquedula</i> . . .	305	3,200	0,13
.	<i>Dendrocygna</i> sp. . . .	405	4,188	0,14
.	<i>Nyroca nyroca</i>	655	4,915	0,13
Canard sauvage .	<i>Anas boschas</i>	915	5,745	0,12
Pigeon domestique	»	270	1,973	0,08
Faisan.	<i>Phasianus colchicus.</i> . .	1,250	3,835	0,06
Paon	<i>Pavo cristatus.</i>	2,220	5,713	0,07

A chaque série naturelle correspond donc une valeur moyenne du coefficient de céphalisation qui la caractérise. Si nous nous rapportons aux courbes que nous avons tracées en portant en abscisse les poids corporels et en ordonnées les poids encéphaliques chacune d'elles correspondant à une famille naturelle, nous voyons que, pour une même valeur de x , la dérivée de la fonction $y = c x^m$ est égale à $m c x^{m-1}$, c'est-à-dire qu'elle est fonction directe du coefficient de céphalisation.

Nous pouvons construire, pour chaque série naturelle, la ligne théorique (droite ou courbe selon la nature de l'échelle) correspondant à cette famille.

Il nous suffira de connaître la valeur moyenne du coefficient de céphalisation pour cette famille. Deux ou trois poids encéphaliques nous la donneront. Les courbes théoriques ainsi construites passent par l'origine. Les distances au-dessus et au-dessous de chaque courbe de chacun des poids correspondant à des données pondérales donnent la mesure des varia-

tions individuelles. Elles sont, comme on voit, en moyenne assez réduites.

Il peut être intéressant de comparer les coefficients de céphalisation trouvés par Dubois pour les mammifères à ceux que nous avons calculés pour les oiseaux.

On voit que la valeur de c pour *félix leo* (0,30) est à très peu près la même que celle du perroquet, et se rapproche aussi beaucoup de celle du chien (0,28). Mais pour le chien, nous ne pensons pas que la valeur donnée par Dubois soit acceptable. Nous avons vu, en effet, à propos de la loi de croissance des encéphales, des variétés domestiques que pour les variétés de taille différente les poids encéphaliques croissent en fonction des poids corporels suivant une loi beaucoup plus lente.

Lémouchet et la buse voisinent avec le lièvre ; les gallinacées avec les taupes et les musaraignes, etc.

Bien entendu, ces comparaisons ne valent qu'à titre pittoresque ; et n'oublions pas d'ailleurs que c'est un coefficient correspondant à l'encéphale totale que nous envisageons, figuratif par conséquent, d'aptitudes auxquelles peut correspondre l'activité fonctionnelle du bulbe ou des tubercules bijumeaux, tout aussi bien que celle des hémisphères.

En résumé, et comme conclusion de ce chapitre, nous dirons que, dans le groupe zoologique des oiseaux, les encéphales des individus appartenant à une famille naturelle déterminée, croissent en fonction de leur poids corporel suivant une loi qu'exprime l'équation : $y = c x^k$ où k est une constante approximativement égale à 0,56, et c un certain coefficient qui est le même aux variations individuelles près, pour tous les individus de cette famille.

Ce coefficient c n'est pas d'ailleurs, remarquons-le bien, absolument caractéristique de cette famille, quand on l'envisage du moins sous cette forme globale. Je dis sous cette forme globale, car nous verrons plus loin que les valeurs des coefficients partiels correspondant aux hémisphères, au cervelet, aux tubercules bijumeaux, etc., et dont la somme égale c diffèrent d'une famille naturelle à l'autre (malgré que leur somme puisse être la même.

En un mot, le poids encéphalique croît en fonction du poids du corps suivant « des lois » parfaitement déterminables pour chaque famille naturelle.

Ces lois ne sont que des expressions particulières de la loi générale.

$$y = c x^k$$

Voilà le point important, essentiel.

Les valeurs de c acquièrent donc ainsi une signification zoologique.

Elles sont représentatives du développement des diverses parties de l'encéphale indépendamment de la taille et du poids corporel, la valeur de c est la même pour une pie de 80 grammes et pour un corbeau de 560; nous arrivons ainsi à cette conception, qu'une série naturelle est caractérisée par une certaine supériorité ou infériorité pondérale de l'encéphale indépendamment de toute considération relative à la taille de l'individu appartenant à cette série.

Nous allons d'ailleurs préciser et compléter cette notion en envisageant maintenant, non plus le poids de l'encéphale global, mais les valeurs pondérales des diverses parties composantes.

CHAPITRE III

Poids des diverses parties de l'encéphale chez les oiseaux.

Il pouvait être intéressant, une fois reconnues l'exactitude et la généralité de la loi de croissance en fonction du poids du corps, de l'encéphale tout entier, de se demander si, pour chacune des parties composantes, hémisphères, cervelet, lobes optiques, etc., la loi restait la même ; autrement dit, si la valeur de l'exposant de relation restait pour chacune de ces parties constante et égale, à 0,56 environ, ou bien, au contraire, si chaque partie croissait en fonction de la masse organique totale avec sa loi propre, caractérisée par une valeur propre et constante de l'exposant de relation.

Il était en outre intéressant d'établir pour diverses séries naturelles la part revenant aux parties composantes de l'encéphale dans la valeur totale du coefficient de céphalisation c .

Il devait ainsi être possible de jeter quelque jour sur les valeurs relatives, pour une série naturelle donnée, des aptitudes fonctionnelles dont chacune de ces parties était le siège reconnu, et de mettre également en lumière la dépendance fonctionnelle et physiologique de ces diverses parties entre elles en considérant dans quelle mesure les développements de ces parties dépendent les uns des autres.

Influence de la Taille.

Déjà en 1898 Lapicque et Dhéré avaient trouvé que chez le chien le rapport du cervelet et des hémisphères à l'encéphale

total n'était pas influencé par la taille (le poids des animaux variant de 1 à 8). En un mot, que la valeur de l'exposant de relation vraie pour l'encéphale total l'était aussi pour chacune des parties composantes (du moins pour deux d'entre elles).

Nous avons donc tout lieu de croire, a priori, que pour nos séries d'oiseaux les résultats devaient être de même sens.

Il n'en fut rien cependant, comme nous l'allons voir. Et voici les résultats que nous fournirent des pesées nombreuses et minutieusement faites.

Deux mots des conditions où nous avons opéré.

Dans l'encéphale des oiseaux, les hémisphères, le cervelet, les lobes optiques (tubercules bijumeaux) sont nettement délimités par des scissures profondes et ils peuvent être isolés successivement par des sections faciles à repérer sans grande incertitude. Néanmoins, l'opération serait trop délicate sur des pièces fraîches, extrêmement friables. Nous avons donc fixé les encéphales préalablement pesés dans du formol à 2 %; après les sections, les diverses parties sont épongées avec de l'ouate hydrophile, puis pesées, le poids de l'ensemble est comparé au poids frais. Nous avons corrigé, par le rapport ainsi obtenu pour chaque encéphale, la pesée des différentes parties de cet encéphale; le postulat que l'imbibition est la même dans toutes les parties n'est sans doute pas exact, mais nous ne pensons pas que l'erreur ainsi commise puisse affecter nos résultats d'une manière importante; les coupes sont susceptibles de donner des erreurs plus grandes, mais étant purement accidentelles, elles doivent s'éliminer dans les moyennes.

Nous avons examiné les chiffres fournis par les trois groupes suivants :

a : 2 sarcelles et 2 canards sauvages.

b : 4 émouchets, 3 buses.

c : 2 pies, 2 geais, 4 corbeaux.

	Poids moyen en gramme		En centièmes d'encéphale		
	du corps	de l'encéphale	Hémisphères	Cervelet	Lobe optique
Sarcelles	307	2,835	64,4	11,1	9,5
Canards	1072	6,297	67,6	10,6	5,7
Emouchets	232	3,742	58	16,3	19,9
Buses	1010	7,918	61,2	14,5	10,8
Pies	135	3,787	73,3	8,0	8,2
Geais	165	4,380	72,8	8,5	9,4
Corneilles	524	8,708	77,6	8,1	6,4

Des petits aux grands oiseaux dans chaque famille, bien que les poids du corps ne varient que de 1 à 4 tout au plus, il y a donc des variations systématiques; la proportion des hémisphères augmente et celle des lobes optiques diminue, et puisque ces parties varient proportionnellement à une puissance du poids du corps (d'après la loi de Dubois), l'exposant de relation ne peut être le même dans les deux cas, et nécessairement il doit être supérieur dans un cas, inférieur dans l'autre, à la valeur 0,56 qui satisfait à la variation de l'ensemble.

Voici d'ailleurs calculées pour quelques oiseaux, se groupant par familles naturelles, les puissances du poids du corps en fonction desquelles croissent les hémisphères, le cervelet et les tubercules dijumeaux. Nous les désignerons pour simplifier, par les lettres p , q , r .

NUMÉROS	ESPÈCES	p	q	r	VALEUR MOYENNE des 3 exposants partiels
49	Buteo buteo.....)	0,77	0,32	0,33	0,48
110	Accipiternisus....)				
112	Buteo.....)	0,59	0,51	0,48	0,53
114	Astur (?).....)				
112	Buteo buteo.....)	0,62	0,55	0,39	0,52
115	Accipiternisus....)				
95	Corvus cornix....)	0,62	0,49	0,33	0,48
78	Garrulus Glondarius....)				
80	Anas Boschas)	0,76	0,67	0,23	0,60
79	Anas Querquedula)				
86	An. Boschas.....)	0,62	0,58	0,17	0,46
98	An. Querq.....)				

Les valeurs moyennes de p sont respectivement, pour la première série : 0,68; pour la deuxième : 0,68; pour la troisième : 0,69.

Celles de q sont pour la première série : 0,46; 0,57 pour la seconde, et 0,62 pour la troisième.

Celle de r : 0,40, 0,28 et 0,30.

Par conséquent, dans chaque famille naturelle, ces valeurs diffèrent nettement entre elles et celles de p sont plus grandes que celles de q , et celles de q plus grandes que celles de r .

Il est possible que la loi empirique qui exprime le poids E de l'encéphale en fonctions du poids S du corps $E = c S^{0,6}$ se ramène à une somme de la forme $a S^p + b S^q + c S^r$ etc., quand on compare entre eux des animaux de même famille, mais d'espèces distinctes.

Toutefois, pour pouvoir parler de loi, il faudrait que les

valeurs de p , q , r , présentassent, d'une famille naturelle à l'autre, une certaine constance approximative.

Nous en sommes loin, et les variations que nous venons d'enregistrer sont vraiment faites au premier abord pour surprendre quand on a présente à l'esprit la très remarquable constance de l'exposant de relation global, soit dans une même famille naturelle, soit d'une famille naturelle à l'autre.

Ces variations sont, croyons-nous, imputables en très grande partie aux variations individuelles et aux incertitudes opératoires. Il ne faut pas croire, et j'y insiste, que l'une et l'autre doivent être lourdes mais il faut songer que, et la vérification en est facile à faire, lorsque le calcul porte sur d'aussi petites valeurs pondérales que celles du cervelet ou des lobes optiques des oiseaux, une divergence de quelques milligrammes dans l'évaluation du poids de ces pièces, ou une différence de 20 grammes seulement dans l'estimation du poids corporel, peut augmenter ou diminuer chacune des valeurs p , q , r , de plus de 15 % ; or, 20 grammes, cela rentre absolument dans les limites des variations individuelles courantes, correspondant à l'état de jeûne ou de réplétion stomacale, au temps qui s'est écoulé entre la mort de l'animal et la pesée, etc., ce sont là des écarts inéluctables, insignifiants numériquement, et qui suffisent pourtant dans les conditions présentes à nous expliquer les fortes variations de nos exposants partiels.

Il est d'ailleurs à remarquer que celles-ci sont plus accusées pour le cervelet que pour les hémisphères, et pour les tuberculeux bijumeaux que pour le cervelet, c'est-à-dire qu'elles sont d'autant plus accusées que les pièces sont petites.

Nous croyons donc que le défaut de constance dans les valeurs des exposants partiels est plus apparent que réel, et que nous l'atténuerions dans une très large mesure si nous disposions d'un très grand nombre de chiffres et si nous pouvions faire usage de moyennes étendues.

Comprenons par exemple les valeurs des exposants partiels p , q , r , calculées en faisant entrer dans la formule logarithmique les valeurs pondérales se rapportant aux n° 112, n° 114 et celles se rapportant aux n°s 49 et 110. Ces deux cas constituent la répétition d'un même exemple. Les deux buses 112 et 49, et les deux émouchets 114 et 110, sont de tous points comparables ; les valeurs de l'exposant global 0,55 à 0,61, sont voi-

sines ; il n'en est pas moins vrai que nous avons pour p des valeurs respectivement égales à 0,77 et 0,59 pour q , à 0,32 et 0,50, et pour r , à 0,33 et 0,48. La même observation peut d'ailleurs s'appliquer aux nos 89, 99 et 95, 78, ou aux nos 80, 79 et 86, 98 ; dans tous ces cas, quand nous comparons dans une même famille naturelle des mêmes espèces d'oiseaux entre elles, il est impossible qu'il s'agisse d'autre chose que de variations individuelles ou d'incertitudes opératoires.

Le conclusion est que, à moins de disposer de moyennes très étendues, l'encéphale des oiseaux, ou plutôt ses parties composantes, son trop petites pour nous permettre de définir exactement la loi suivant laquelle, d'une espèce naturelle à l'autre, et dans les limites d'une même famille, elles croissent en fonction du poids du corps.

Mais, dès à présent, nous entrevoyons que, de même que sous sa forme globale $E = c S^k$, la loi de croissance de l'encéphale diffère par la valeur de l'exposant k selon que l'on compare entre eux des animaux de même espèce, mais de variété distincte, ou des animaux de même genre, mais d'espèce distincte ; il est à présumer de même que, selon que l'on se place dans l'une ou l'autre condition, l'expression développée du poids de l'encéphale prendra la forme $E = a S^k + b S^{k'} + c S^{k''}$ comme l'ont montré Lapicque et Dhéré pour le chien, ou la forme $E = a S^k + b S^{k'} + c S^{k''}$.

Développement suivant l'espèce.

Si nous considérons des animaux de poids voisins, la part de l'influence somatique dans le développement de l'encéphale total sera la même pour tous ces animaux ; c'est la base même de la loi de Dubois ; il est bien certain que ceci sera vrai encore pour chacune des parties composantes de l'encéphale, puisque c'est vrai pour la somme, par conséquent, d'un oiseau à l'autre, aux différences pondérales de l'une de ses parties, le cervelet, par exemple, correspondront les valeurs différentes de c dont l'expression $C = c S^k$ ou si l'on préfère des valeurs différentes du coefficient céphalique partiel relatif à cette partie, le cervelet en l'espèce.

Dans la méconnaissance où nous sommes de la valeur exacte de chacun des exposants partiels p , q , r , nous avons calculé ces coefficients partiels comme si la loi de Dubois, avec son exposant ordinaire 0,56, s'appliquait aux diverses parties de l'encéphale. Les valeurs absolues des divers coefficients partiels sont donc inexactes, mais l'erreur étant systématique, leur comparaison reste intéressante.

Voici les chiffres que nous avons obtenus :

NUMÉROS	ESPÈCES	POIDS du CORPS gr.	COEFFICIENTS			
			cépha- lisat on	cerveau	cervelet	lobe- optiques
1	Pigeon	320	8,9	4,8	1,2	1,4
2	Bécasse	385	10,3	6,6	1,2	0,8
3	Sarcelle	307	11,5	7,4	1,3	1,1
4	Mouette	262	15,6	7,8	2,5	1,4
5	Emouchet	232	17,4	10,0	2,9	2,2
6	Hibou	245	22,3	14,7	2,4	1,9
7	Pic-vert	218	22,7	16,7	2,2	1,5
8	Corneille	230	26,3	20,6	2,2	1,7
9	Perruche	340	30,0	24,0	2,2	1,5

De l'examen de ces grandeurs, ressortent les remarques suivantes :

1° Le cerveau étant l'organe le plus important au point de vue pondéral, c'est lui qui domine le facteur de céphalisation totale.

Si l'on envisage les deux gammes de valeurs, l'une relative aux coefficients de céphalisation totale, l'autre relative aux coefficients hémisphériques, on voit :

1° Qu'elles sont sensiblement de même sens.

Toutefois, si l'on considère le cerveau seul, l'échelle est plus étendue et plus significative.

2° La gamme des valeurs relatives au coefficient cérébelleux ne double pas exactement les précédentes ; on voit en effet qu'il existe vers le milieu deux valeurs maximales (2, 5 et 2, 9) correspondant, l'une à la mouette et l'autre à l'émouchet ; mais ces deux valeurs mises à part, l'ordre de croissance du coefficient cérébelleux est sensiblement de même sens que celui du coefficient hémisphérique.

Si ces deux séries se doubleraient exactement, il serait permis d'en tirer comme conclusion l'affirmation d'une dépendance fonctionnelle étroite ; somme toute, le développement du cervelet paraît lié surtout à certaines aptitudes fonctionnelles ; il est en particulier remarquable chez les rapaces et chez les oiseaux de mer, ce qui me semble indiquer une relation toute particulière avec le vol plané qui nécessite une coordination très étroite du mouvement.

3° Quant au développement des lobes optiques, il paraît être tout à fait indépendant de celui du cerveau.

Ce n'est là que l'amorce d'indications qui pourraient être intéressantes.

CHAPITRE IV.

Architecture encéphalique des Oiseaux.

Nous avons, au cours de nos recherches, été conduit à cette notion, qui nous a paru s'imposer au fur et à mesure que nous recueillions de nouvelles pièces anatomiques, qu'une série naturelle d'oiseaux était caractérisée par une certaine « architecture » encéphalique. En dehors de toute analyse, et de toute mesure précise, c'est un fait qui nous a paru s'imposer à première vue ; dans la série naturelle à laquelle appartiennent les pies, les geais, les corbeaux, etc., les encéphales sont typiques avec leurs hémisphères prépondérants et étalés, leur cervelet aplati ; typiques aussi ceux de la série canard, sarcelle, etc., avec leur cervelet bien saillant, très détaché, en forme de proue, et leur cerveau arrondi. Il en est de même pour chacune des familles naturelles que nous avons pu observer.

Il nous a paru intéressant d'essayer de définir numériquement ces divers types encéphaliques. Nous pouvions recourir soit à la détermination des différents diamètres, des différents « indices » des parties composantes (assez délicates sur d'aussi petites pièces), soit à l'évaluation de leur poids relatif, c'est-à-dire de leur part de développement dans l'encéphale total ; c'est ce dernier procédé plus significatif que nous avons choisi. Nos observations ont porté sur les hémisphères, le cervelet et les tubercules bijumeaux.

Nous avons déterminé, pour trois familles naturelles, nettement définies, les valeurs des trois rapports

$$\frac{\text{hémisphères}}{\text{encéphale}}, \quad \frac{\text{cervelet}}{\text{encéphale}} \quad \text{et} \quad \frac{\text{lobes optiques}}{\text{encéphale}}.$$

Les valeurs de ces rapports ont un tout autre sens que celles des coefficients partiels l, m, n, et ne sauraient par conséquent, d'un groupe naturel à l'autre, varier parallèlement.

En effet, l, m, n, caractérisent le développement (abstraction faite de l'influence somatique) de chacun des organes correspondants : hémisphères, cervelet, lobes optiques. Les rapports précédents représentent dans l'encéphale total la part de développement de chacun de ces organes ; c'est le rapport d'un organe en particulier à une somme d'autres organes dont chacun a son développement propre. C'est le rapport d'une quantité variable à une somme d'autres également variables. Ces rapports ne sont donc pas aptes à nous renseigner sur le développement vrai, absolu, de chacune des parties : hémisphères, cervelet, lobes optiques. Ils nous montrent seulement la part qui leur revient dans l'encéphale total. Leur signification est morphologique. Et la somme des valeurs numériques de ces différents rapports caractérise ce que nous pouvons appeler une certaine architecture encéphalique.

Voici les chiffres que nous avons obtenus : (Voir tableau page 49)

Dans une même famille, les valeurs du rapport :

$$\frac{\text{hémisphères}}{\text{encéphale}}$$

sont, comme on le voit, d'un oiseau à l'autre, sensiblement voisines. Dans la première famille, il semble que, pour les quatre premiers oiseaux, tous quatre du genre « corvus », les valeurs de ce rapport comprises entre 0,75 et 0,78, diffèrent systématiquement, quoique

Numéros	ESPÈCES	POIDS du corps	POIDS de l'encéphale frais	$\frac{H}{E}$	$\frac{C}{E}$	$\frac{TB}{E}$
95	Corvus Cornix.....	500	8,455	0,78	0,080	0,068
89	Id.	500	8,890	0,76	0,083	0,059
88	Corvus Corone.....	590	8,425	0,75	0,089	0,065
90	Coloeus Monedula.....	230	5,555	0,76	0,082	0,065
121	Garrulus Glandarius.....	150	4,020	0,71	0,092	0,085
122	Id.	150	4,420	0,73	0,065 (perles)	0,10
78	Id.	180	4,775	0,73	0,085	0,085
99	Id.	150	3,985	0,69	0,082	0,10
76	Picapica.....	85	2,935	0,72	0,10	0,076
80	Anas Boschas.....	1 k. 230	6,850	0,68	0,10	0,057
86	Id.	915	5,745	0,67	0,10	0,060
79	Anas Querquedula.....	355	2 890	0,62	0,11	0,078
98	Id.	260	2,780	0,64	0,10	0,059
49	Buteo buteo.....	960	7,328	0,60	0,13	0,099
87	Id.	1 k. 307	8,295	0,56	0,15	0,11
112	Id.	775	8,240	0,63	0,14	0,10
116	Accipiter Nisus.....	230	3,400	0,57	0,12	0,15
115	Id.	275	4 400	0,59	0,14	0,12
114	Astur (?)	200	4,	0,59	0,14	0,11

très légèrement, de celles comprises entre 0,69 et 0,73, qui sont propres aux quatre geais suivants.

2° La même observation peut s'appliquer aux valeurs du rapport $\frac{\text{lobes optiques}}{\text{encéphale}}$. Ici, les écarts sont du sens contraire.

D'une façon générale, en ce qui concerne les valeurs de ce rapport, les écarts sont beaucoup plus marqués. La raison en est simple à comprendre pour l'opérateur qui a eu à repérer des points de section sur de si petites pièces. Les errements opératoires, à peu près négligeables dans l'isolement des hémisphères et du cervelet, sont ici beaucoup plus accusés.

3° En ce qui concerne le rapport $\frac{\text{cervelet}}{\text{encéphale}}$, on voit que ses valeurs sont très voisines pour les oiseaux d'une même famille naturelle. Elles apparaissent même sensiblement plus constantes que les valeurs du rapport $\frac{\text{hémisphères}}{\text{encéphale}}$ surtout si l'on tient compte des petites dimensions du cervelet et de la facilité par suite avec laquelle dans le calcul de son poids relatif, la deuxième décimale peut être affectée.

Ces différences, dans la variation du poids relatif des deux organes, nous paraissent pouvoir s'expliquer si l'on envisage leur rôle fonctionnel : aux fonctions psychiques, intellectuelles, très complexes des hémisphères, doivent évidemment correspondre des variations individuelles bien plus considérables qu'aux fonctions motrices du cervelet, à son rôle dans la coordination des mouvements.

4° Si dans une même famille naturelle, les valeurs des rapports envisagés sont voisines, surtout celles du rapport $\frac{\text{hémisphères}}{\text{encéphale}}$ et $\frac{\text{cervelet}}{\text{encéphale}}$, plus à l'abri des errements opératoires

ratoires, leurs valeurs moyennes diffèrent nettement d'une famille naturelle à l'autre.

La valeur moyenne du rapport $\frac{\text{hémisphères}}{\text{encéphale}}$ est, pour la première famille naturelle, égale à 0,73 ; pour la deuxième, à 0,65, et pour la troisième à 0,59.

Celle du rapport $\frac{\text{cervelet}}{\text{encéphale}}$ est, pour la première famille, 0,09 ; pour la seconde, 0,10, et la troisième 0,13.

Celle du rapport $\frac{\text{lobes optiques}}{\text{encéphale}}$: 0,079, 0,080 et 0,13.

C'est la somme de ces différents quotients qui caractérise un type encéphalique. Chacun des groupes d'oiseaux que nous avons passés en revue a le sien propre. Il est même possible, comme nous l'indiquions au début, qu'il faille distinguer dans le premier groupe naturel deux types encéphaliques.

Une vérité essentielle nous paraît donc se dégager de l'ensemble de nos chiffres, à savoir qu'une famille naturelle même très étroite, est caractérisée par un certain type encéphalique.

Au point de vue zoologique, et dans un but de classification, l'intérêt de cette notion qui, nous ne savons pourquoi, n'a jamais été clairement indiquée, peut être très réel.

CHAPITRE V

Variations quantitatives de la composition chimique de l'encéphale.

Dans un groupe naturel donné, les encéphales des animaux qui le composent sont conformés à un certain type encéphalique caractéristique du groupe ; l'encéphale des mammifères, l'encéphale des oiseaux, celui des reptiles et celui des poissons, sont très différents, anatomiquement et morphologiquement ; chacun d'eux est typique. Et nous venons de voir que même des groupes naturels très étroits, étaient encore caractérisés par une certaine architecture encéphalique.

L'on peut se poser la question de savoir si, dans un groupe naturel donné, quel qu'il soit et pour un type donné d'encéphale, la structure anatomique et notamment le rapport de la substance grise à la substance blanche, reste le même pour un même poids de substance encéphalique, prélevé dans une région déterminée ou bien, au contraire, si ce rapport varie.

Le premier fait qui frappa, ce sont les variations morphologiques des encéphales en fonctions de la taille, variations qui font supposer et qui nécessitent même, comme nous l'allons voir, des différences dans la structure anatomique et le développement relatif de la substance grise et blanche.

Considérons tout d'abord, car c'est sur eux qu'ont porté les premières recherches de cette nature, deux encéphales de mammifères : supposons-les, pour un instant, semblables par la forme, et ne différant entre eux que par leur volume ; en les assimilant à des polyèdres semblables, on peut se rendre compte que la surface n'est pas à la masse dans un rapport identique pour chacun d'eux. On sait en effet que dans deux

polyèdres semblables, les masses sont entre elles comme les cubes de dimensions homologues, alors que les surfaces sont entre elles comme les carrés de ces mêmes dimensions.

De là, cette conséquence, que la proportion de substance corticale doit diminuer en même temps que le volume de l'encéphale augmente ; à moins que l'écorce ne s'épaississe *corrélativement*, ce qui n'est pas : pour deux encéphales appartenant à deux animaux d'un même groupe naturel, même très vaste, l'épaisseur de l'écorce reste au contraire absolument la même.

Inversement, la proportion de substance blanche doit augmenter dans les mêmes conditions, à moins que le développement des noyaux gris centraux ne vienne compenser cette inégalité, ce qui n'est pas vrai davantage. Cette augmentation de la proportion de substance blanche est due évidemment à l'allongement des fibres conductrices, des prolongements cylindraxiles des neuromes, recouverts le long de leur trajet d'une substance grasse et blanche, la myéline, dont nous délinions plus loin la nature chimique. Remarquons d'ailleurs que les éléments conducteurs et leur enveloppe de myéline d'une part, et, d'autre part, les cellules de l'écorce, avec leur connexion, leurs dendrites, leurs ramifications complexes, où les éléments blancs ont leur part d'ailleurs, ainsi que le tissu névroglitique n'ont certainement pas, dans le fonctionnement cérébral et l'élaboration des actes psychiques, les mêmes rôles, la même importance, en un mot la même dignité physiologique.

Une simple considération géométrique, en dehors de toute analyse précise, nous permet donc de conclure à l'inégale valeur de l'unité de poids de deux encéphales de même forme géométrique, mais de volume différent, dont les surfaces seraient identiques, lisses, ou également plissées.

Nous sommes là d'ailleurs, remarquons-le bien, dans le domaine de la pure hypothèse. Cette identité morphologique que nous avons supposée ne semble pas être la loi dans la nature, chez les mammifères tout au moins, et chez les chiens en particulier ; les encéphales des races de grande taille, diffèrent par leur forme géométrique de ceux des races de petite taille ; Lapique et Dhéré ont fait à ce sujet d'importantes observations. Si l'on examine, disent-ils (Archives de Physiologie,

1898), une série d'encéphales de chiens adultes, ordonnée suivant le poids des sujets, on remarque un changement systématique de la forme de cet organe ; les encéphales des plus petits chiens présentent, suivant quelque direction qu'on les regarde, une forme arrondie, et tendent vers la sphère ; ceux des plus gros chiens sont, par rapport aux précédents, aplatis dans le sens vertical, allongés dans le sens antéro-postérieur).

A ces différences de formes géométriques, doivent correspondre encore évidemment des différences dans le développement relatif des éléments gris et blanc.

La forme globulaire des petits encéphales entraînant un développement plus grand des éléments conducteurs, vient atténuer l'avantage du moindre volume auquel correspond une plus grande surface relative ; l'inverse doit être vrai pour les encéphales aplatis des chiens de grande taille.

En somme, la taille influe sur le volume et la forme géométrique de l'encéphale, de telle sorte que les petits chiens, avantageés sous le rapport de la plus grande surface relative (à laquelle correspond une plus forte proportion d'élément gris), et cela en raison de leur petit volume encéphalique, voient cet avantage restreint par la forme globulaire de leur cerveau, à laquelle correspond une plus forte proportion d'éléments blancs et myélinisés ; et les chiens de grande taille, désavantageés sous ce même rapport, du fait de leur grand volume encéphalique, rachètent dans une mesure inappréciable *a priori* ce désavantage par la forme étalée de leurs hémisphères.

Voici donc déjà deux facteurs dont on est en droit de supposer que peut, que doit dépendre le rapport significatif au point de vue fonctionnel de la substance grise à la substance blanche.

Mais puisque la forme géométrique, par exemple, peut contrebalancer les effets qu'ont au point de vue de l'étendue relative de la surface, une petite ou une grande masse encéphalique, comment apprécier la résultante d'influences agissant de sens contraire ? Car c'est la résultante qui, seule, importe, en somme. C'est à l'analyse chimique, et non pas à la simple observation morphologique, qu'il faut s'adresser pour avoir une réponse précise à cette question.

A des différences de taille et, par suite, de volume de l'encé-

phale, doivent correspondre des différences quantitatives de sa composition chimique, et ces différences doivent permettre d'apprécier, dans une certaine mesure, la part qui revient à la substance blanche et à la substance grise dans un encéphale donné.

Cette façon de poser le problème permettra, disons-le de suite, de pénétrer beaucoup plus profondément qu'on ne l'a pu faire encore, dans la connaissance de la structure de l'encéphale et de ses variations en fonction des facteurs dont elle dépend.

Les premières recherches faites en vue de déterminer le rapport de la substance grise à la substance blanche dans l'encéphale, remontent à 1866, et sont dues à Bourgoin. Celui-ci déterminait le pour cent d'eau de la substance grise et de la substance blanche par dessiccation jusqu'à poids constant et à des températures ne donnant pas lieu à de notables altérations. Il arrivait à cette conclusion que la substance blanche renferme en moyenne 73, 5 % d'eau, et que la substance grise en renferme 83 %; « Examinant ensuite la matière cérébrale, sans distinction de la substance grise et blanche, il trouvait des nombres variant de 78,5 à 80,5, en moyenne 79 %.

En établissant sur ces données une équation à 2 inconnues dont les solutions indiquent les quantités respectives de chacune des deux substances, il obtenait un rapport de 58 à 42 %. Malheureusement les recherches de Bourgoin, qui portèrent sur des cerveaux humains exclusivement, n'ont aucun caractère comparatif.

Au lieu d'utiliser comme procédé d'évaluation de la proportion de la substance blanche et grise, leur teneur en eau respective, Danilewsky s'est servi du poids spécifique de l'une et l'autre déterminé avec mille précautions. Nous ne dirons rien de la technique qu'il adopta, d'ailleurs assez compliquée et délicate; nous noterons seulement qu'il a constaté chez le chien que le rapport des deux substances pouvait varier de 56,7 à 42,3 et l'égalité.

Si intéressants que soient ces résultats, leur signification est assez restreinte. Nous venons de signaler l'absence de comparaison entre différentes espèces animales et entre animaux de tailles différentes. En outre, la différence entre le poids spécifique et la proportion d'eau sont des données

essentiellement contingentes « cette dernière dépend, dit très justement Dhéré, pour une bonne part, du genre de mort de l'animal, du moment où sont recueillis les organes, du temps qu'on passe aux différentes manipulations, qui précèdent la pesée du tissu frais, de la température et de l'état hygrométrique de l'air ».

En 1898, Lapicque d'abord, puis Lapicque et Dhéré, entreprirent au Laboratoire de physiologie de la Sorbonne l'étude systématique de la question suivante : la valeur du rapport des éléments gras aux éléments azotés reste-t-elle la même dans un encéphale quel qu'il soit, ou bien cette valeur varie-t-elle, et si elle varie, quels sont les facteurs qui influencent cette variation ?

L'idée fondamentale qui a servi de point de départ à ces investigations peut se résumer de la sorte :

On sait que les prolongements cylindraxiles des neuromes à l'intérieur de l'encéphale sont recouverts sur leur trajet sauf toutefois au voisinage immédiat de leur origine et de leur terminaison, d'une substance blanche, d'aspect cireux, qu'on appelle la myéline. Les histologistes ont considéré et beaucoup considèrent encore cette couche de myéline comme une simple gaine protectrice. Il est possible, au contraire, que le rôle fonctionnel de cette myéline soit tout différent et beaucoup plus actif. Quel que soit ce rôle, on est amené à penser que les variations proportionnelles de cette myéline pourraient nous renseigner sur la proportion relative des éléments blancs et le développement relatif également des parties conductrices dans un encéphale donné. Mais une question se pose alors ; cette myéline est-elle suffisamment différenciée au point de vue chimique pour pouvoir être exactement dosée ? Cette myéline n'est pas une substance simple ; c'est un complexe dans la composition duquel entrent des éléments divers sur le nombre et la nature desquels l'accord ne s'est pas encore fait, en raison de l'incertitude où l'on est de savoir « si les corps que l'on retire du tissu nerveux y préexistent à l'état normal ou si certains d'entre eux sont des produits de dédoublement résultant de l'altération plus ou moins profonde de la constitution primitive de la matière par des actions chimiques répétées et très diverses auxquelles on a dû recourir » (Garnier, encyclopédie Frémy).

Toutefois, si l'on consulte les analyses un peu détaillées de la substance cérébrale, telles que celles de Thudichum, Pétrowsky, Baumstarck, etc., l'on verra que ce mélange complexe que l'on appelle la myéline est surtout caractérisé par la présence, sinon exclusive, du moins très prédominante, de lécithine, d'une graisse azotée dépourvue de phosphore, la cérébrine, de diverses graisses neutres, et enfin de cholestérine. La détermination de la proportion de myéline serait immédiate si ces divers constituants ne se rencontraient que dans cette seule myéline, mais il n'en est pas ainsi. La lécithine est, il est vrai, absente ou contenue à l'état de trace seulement, dans les cellules et les parties grises, ainsi qu'en témoigne la réaction alcaline. des phosphates des cendres ; la croix noire au microscope polarisant et la solubilité dans l'éther, l'alcool et le chloroforme, sont comme on sait, les caractères qui permettent de différencier la lécithine.

Mais la trame des cellules nerveuses renferme, d'après les données de la micro-chimie de microscopiques granulations colorables en noir par l'acide osmique et qui sont constituées soit par des graisses neutres, soit par des graisses azotées. Quant à la cholestérine, qui rentre pour un sixième environ dans la composition de la substance blanche, on la rencontre, quoi qu'en moindre proportion, un vingtième environ dans les corps des neuromes et la névroglie.

Ainsi donc, les éléments constitutifs de la myéline ne le sont pas de la myéline exclusivement. S'en suit-il que le problème qui nous occupe, à savoir comment la proportion relative des éléments myélinisés et des parties conductrices dans des encéphales différents, devienne impossible à résoudre ? En aucune façon, car si l'on dose, soit l'un des éléments constitutifs (qui ne l'est pas d'ailleurs exclusivement, comme nous venons de le dire) de la myéline, soit, par l'épuisement à l'éther, l'éther-alcool, ou l'alcool bouillant, l'ensemble de ces éléments constitutifs, ou du moins ceux que nous avons énumérés, dans la substance grise d'une part, et, d'autre part, dans la substance blanche, les pour cent obtenus différeront entre eux dans la proportion du simple au quadruple.

Dès 1854, von Bibra avait établi déjà d'ailleurs que le pour cent d'extrait éthéré donné par la substance blanche était beaucoup plus fort que celui donné par la substance grise. Ces

différences établies, et l'expérience prouve qu'elles sont constantes, nous avons dans l'un quelconque de ces procédés, dosage de l'un des éléments constitutifs de la myéline (lécithine ou cholestérine, par exemple) ou dosage de l'extrait étheré, éthéro-alcoolique ou alcoolique, un procédé d'investigation suffisant et plus précis que tous ceux jusqu'alors employés, pour apprécier les variations de la proportion des éléments conducteurs de la substance grise et blanche et pénétrer plus avant dans la connaissance de la structure de l'encéphale.

Les premières recherches faites en ce sens par Lapique remontent à 1898. Il a cherché d'abord à doser dans l'encéphale la cholestérine puis la lécithine. Après quelques séries de recherches, il s'est arrêté au procédé plus simple et qui lui parut plus significatif du dosage de l'extrait étheré. Il opéra d'abord sur les hémisphères de quatre espèces de mammifères (les encéphales avaient été durcis dans du formol à 2 %) on peut sur ces pièces faire facilement des sections dans une région bien déterminée, ce qui est beaucoup plus difficile sur des pièces fraîches, en raison de leur mollesse et de leur friabilité).

La matière cérébrale était desséchée jusqu'à poids constant à une température inférieure à 80°, après pulvérisation, on la soumettait à l'action de l'éther dans un appareil de Soxhlet. L'épuisement était complet au bout de quatre fois 24 heures. L'extrait évaporé, puis séché à l'étuve jusqu'à poids constant, était enfin pesé. Voici les proportions obtenues en pour cent de poids sec sur quatre cerveaux de chien, de mouton, de bœuf et d'homme :

Chien	40
Mouton	38
Bœuf	47
Homme	45

Ces résultats doivent être examinés de près ; si l'on compare le chien, ou mieux encore le mouton, qui est plus voisin, au bœuf, on constate dans l'encéphale de ce dernier, une augmentation très notable du pour cent d'extrait étheré.

Ce résultat était évidemment à prévoir, puisque, pour les raisons géométriques que nous avons exposées déjà, le cerveau

le plus grand doit avoir les parties conductrices de ses neurones relativement plus grandes que le plus petit, « mais la correction ne pouvait être calculée *a priori*, puisqu'on n'a jamais à faire à deux cerveaux exactement semblables, même en limitant la question à son côté purement géométrique. »

Mais si l'on passe au cerveau de bœuf (encéphale pesant 415 grammes) au cerveau de l'homme (encéphale pesant 1450 grammes), au lieu de trouver une augmentation progressive, on trouve au contraire une diminution de l'extrait éthéré. C'est qu'en effet, chez l'homme, la couche corticale est plus épaisse, les ganglions cérébraux plus volumineux, les scissures plus profondes, toutes conditions qui ont pour résultat de diminuer relativement la substance blanche.

L'influence de la taille, et de la taille seule, sur la teneur en myéline de l'encéphale, fut mise en lumière de façon plus rigoureuse encore par Lapicque et Dhéré, en comparant entre eux les encéphales de chiens adultes, de poids très différent, mais de même coefficient de céphalisation.

Ici encore le résultat ne pouvait être exactement prévu, puisque, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, plusieurs facteurs de sens contraire entrent en jeu dans la détermination de la structure de l'encéphale. L'analyse chimique seule était capable de révéler dans quelle mesure ces influences contraires se contrebalancent et se détruisent, et quel devait être, au point de vue de la structure et du développement relatif des éléments conducteurs le résultat final de ces oppositions.

Comme les auteurs avaient déjà trouvé une même expression pour la relation des diverses parties de l'encéphale au poids du corps, ils ont fait porter leurs recherches sur la totalité de l'encéphale, et ont évalué les variations proportionnelles de la myéline d'après les quantités de substance sèche et d'extrait éthéré obtenus dans chaque cas.

Voici les valeurs données par 18 opérations comme pour cent de substance sèche :

POIDS du corps.	POIDS de l'encéphale frais.	POIDS de l'encéphale sec.	SUBSTANCE sèche p. 100 de l'enc. frais.	NOMBRE de déterminations.
kg.	gr.	gr.	gr.	
7,015	71,3	12,959	18,17	9
28,150	102,2	21,432	20,97	9

Soit une différence de 2,8 % en plus pour le grand chien.

Treize encéphales secs épuisés par l'éther bouillant à 65°, ont fourni les quantités suivantes d'extrait éthéré, desséché à l'étuve à 80° pendant 24 heures.

POIDS du corps	POIDS de l'encéphale sec	POIDS de l'extrait éthéré	EXTRAIT éthéré, p. 100 de subst. sèche	OBSERVATIONS
kg.	gr.	gr.	gr.	
4,750	11,345	4,366	38,4	Moyen. de 2 opér.
6,500	13,952	5,400	38,7	
7,000	13,272	4,948	37,2	
10.000	14,742	7,666	38,3.	
12,500	15 706	6,006	38,2	Moyen. de 2 opér.
16,000	17.560	7.152	40,7	
23,700	21,360	8,480	39,8	
34,000	20 870	8,608	41,4	
35,000	21.065	8,595	40,8	Moyen. de 2 opér.
35,000	34,430	10,100	41,3	
MOYENNES				
8,130	13,809	5.277	38,2	7 sujets.
28,740	21,039	8,587	40,8	6 sujets.

Il ressort de ces chiffres une différence de 2,6 % en plus pour les chiens au-dessus de 15 %.

« Il y a donc, concluent les auteurs, en passant des petits

chiens aux grands chiens, une différence sensible de la composition chimique et, par suite, l'unité de poids ne présente pas pour les uns et pour les autres de valeur identique. »

Telles étaient les données acquises quand nous entreprîmes sur les encéphales d'oiseaux des investigations analogues. La technique à laquelle nous avons eu recours différait un peu de celle de Lapique et Dhéré.

En effet, sur les conseils mêmes de M. Lapiqué, nous substituâmes au double épuisement par l'éther, puis l'alcool bouillant, l'épuisement par l'alcool bouillant seul. La composition des extraits étherés diffère sans doute de celle des extraits alcooliques. Mais peu importait pour l'objet de nos recherches, dont le caractère était essentiellement comparatif. Tous les éléments gras constitutifs de la myéline sont solubles dans l'alcool chaud. L'objet de nos recherches était de voir, l'épuisement étant poussé jusqu'au bout, si un même poids sec de substance hémisphérique par exemple, fourni par des encéphales différents donnait des pour cent d'extrait différents et de quoi pouvaient être fonction ces différences de rendement.

Nous apportâmes à la méthode d'analyse utilisée par nos devanciers un complément qui nous a paru avoir son utilité.

Le résidu de la substance nerveuse épuisée était recueilli détruit par l'acide sulfurique bouillant et le mercure, et l'azote total était dosé par le procédé de Kjeldhal.

Nous calculions les pour cent d'albumine en adoptant le chiffre 6,25 comme coefficient. La somme des deux pour cent (albumine + extrait alcoolique) était égale dans les diverses opérations à 92,93. Cette constance nous permettait d'affirmer l'égalité des épuisements dans les diverses opérations, condition nécessaire à la légitimité des comparaisons.

Les encéphales des oiseaux ne présentent pas, comme les encéphales des mammifères, sur lesquels portèrent les recherches que nous avons précédemment relatées, une zone corticale nettement délimitée, et de la substance blanche sous-jacente, avec des noyaux gris centraux, qui s'y trouvent noyés. La substance blanche est distribuée en faisceaux qui sont entourés de substance d'un gris rosé, dans laquelle ils vont se perdre. Il n'y a absolument pas, sauf dans le cervelet, de distinction nette et tranchée entre les deux substances. Elles

sont fusionnées, confondues, indélimitables. Dès lors, le volume de l'encéphale et la forme géométrique ne nous permettent plus de spéculer avec la même précision sur le développement relatif des éléments gris par rapport aux éléments myélinisés et conducteurs.

Voici les résultats que nous donna l'expérience. Nos dosages ont porté, non pas sur l'encéphale total, mais sur l'ensemble des deux hémisphères et des tubercules bijumeaux.

En comparant entre eux des encéphales inégaux par leur volume, mais affectés du même coefficient de céphalisation, ceux de coq et poule bentham, d'un poids moyen de 2 gr. 500, et ceux de coqs et poules ordinaires, d'un poids moyen de 3 gr. 700, nous avons trouvé (pour les hémisphères et les tubercules bijumeaux) des pour cent d'extrait égaux à 36 pour les premiers et 40 pour les seconds, soit un écart de 6 % correspondant à un écart pondéral, en somme peu considérable, de l'encéphale total.

Les mêmes parties d'encéphale de petits oiseaux, dont le poids frais égalait 0,600 à 0 gr. 800, et dont le coefficient de céphalisation était égal à 0,16 (celui des poules et coqs ne dépassant pas 0,08) nous ont donné un pour cent d'extrait alcoolique inférieur à 24 %. L'écart est énorme, et nous étions loin de nous attendre à de tels chiffres.

Ces résultats sont, comme on voit, tout à fait dans le sens de ceux trouvés par nos devanciers.

Ils démontrent la généralité du phénomène et qu'il est indépendant d'une morphologie particulière de l'encéphale.

C'est ce point surtout que nous voulions mettre en évidence.

Un autre résultat auquel nous ont conduit d'assez nombreux dosages d'extraits alcooliques, fournis par de nombreux encéphales d'oiseaux, c'est la relation non point tout à fait inattendue, puisque les chiffres recueillis par Lapicque permettaient de l'entrevoir, qui existe entre la valeur du coefficient de céphalisation et la proportion de myéline que l'encéphale recèle.

Le fait nous semble ressortir très nettement du tableau ci-dessous.

ESPÈCES	POIDS de l'encéphale frais	COEFFICIENT de céphalisation	EXTRAIT p. 100 de cerveau sec
Perroquet.....	7,828	0,30	25
Corbeau.....	8 425	0,24	32
Corbeau... ..	8,870	0,27	32
Geai.....	4,775	0,25	30
Emouchets....	4 120 (poids moyen)	0,16	33
Poule.....	3,781	0,08	40
Coq et poule Bentham	2,550 (poids moyen)	0,08	36
Canards sauvages.	6,070 (id.)	0,12	34
Sarcelles	2,750 (id.)	0,115	30
Petits oiseaux.....	0,700 (id.)	0,16	24

Si l'on compare entre eux des cerveaux de poids à peu près égal (poules et émouchets), mais différents par les valeurs de coefficient de céphalisation des encéphales, on voit que celui auquel est attribué le coefficient le plus fort donne le plus faible pour cent d'extrait.

Ou bien si l'on compare entre eux des cerveaux différents par le poids, et tels que le coefficient de céphalisation soit plus élevé pour le plus grand (perroquet et poule, corbeau et émouchet), on a cette impression très nette qu'un facteur de sens contraire au facteur taille intervient pour en masquer l'influence au point de vue de la composition chimique et du pour cent d'extrait.

Nous venons de voir que déjà, en 1898, Lapique en comparant entre eux des cerveaux de chiens, de moutons, de bœufs et d'hommes, attribuait le faible pour cent d'extrait éthéré que lui donnait ce dernier, eu égard à son grand poids, au développement du manteau et des noyaux gris, au nombre et à la profondeur des circonvolutions ; en un mot à la supériorité de sa structure, corrélative d'une supériorité intellectuelle et psychique. Nos résultats sont dans le même sens.

Pour nous résumer, nous dirons que, de deux animaux également évolués, doués du même coefficient de céphalisation, mais différents entre eux par la taille, le plus grand aura l'encéphale le plus pesant, mais la signification purement somatique de cette différence pondérale, se révélera par la valeur chimique de l'unité de poids encéphalique. Le pour cent d'extrait éthéré ou alcoolique sera plus élevé pour le cerveau le plus lourd, la proportion de myéline plus forte, et plus forte aussi la proportion d'éléments conducteurs.

De deux animaux de même taille, mais inégalement évolués, c'est celui qui possédera le coefficient de céphalisation le plus élevé qui aura l'encéphale le plus lourd. C'est donc par une supériorité pondérale que s'exprime aussi la supériorité céphalique. Mais la signification fonctionnelle et psychique de cette différence pondérale se traduit chimiquement et histologiquement en sens inverse de tout à l'heure.

C'est le cerveau le plus lourd auquel correspondra le plus faible pour cent d'extrait éthéré ou alcoolique, la moins forte proportion de myéline et, partant d'éléments conducteurs.

La composition chimique et la structure histologique qu'elle révèle ou qu'elle fait tout au moins entrevoir, permet donc, dans la comparaison de deux encéphales, d'attribuer à l'excédent de la masse nerveuse une signification tantôt céphalique, tantôt somatique. Ou si l'on préfère, et en se rapportant à l'expression $E = c S^k$, c'est avec de la myéline et des éléments conducteurs que l'encéphale croît avec S , c'est avec des éléments azotés et de la substance grise qu'il croît comme c .

Tel est le résultat auquel les recherches faites avant les nôtres, et celles que nous avons effectuées, font en somme parvenir.

Conclusions

Nous résumerons dans les propositions suivantes les résultats auxquels nous ont fait aboutir les recherches que nous avons entreprises :

1° La formule empirique proposée par Dubois, $E = c S^{0,56}$ représentative de la loi de croissance de l'encéphale en fonction de deux facteurs, l'un somatique, l'autre représentatif d'un certain développement organique, n'est pas vraie seulement pour les mammifères ; elle s'applique encore de façon très satisfaisante aux oiseaux ;

2° Cette valeur approximative 0,56 de l'exposant de relation n'est très probablement, chez les oiseaux du moins, qu'une valeur moyenne. Les diverses parties composantes de l'encéphale doivent croître en fonction de puissances du poids du corps, les unes supérieures, les autres inférieures à 0,56 ;

3° On peut par suite supposer que l'expression détaillée de la loi de croissance de l'encéphale est de la forme $E = l H^p + m C^q + n B^r \dots$ ou $H C B$ représentent les parties composantes de l'encéphale l, m, n , les coefficients de céphalisation partiels de chacune de ces parties, et p, q, r , les exposants de relation partiels ;

4° Chez les oiseaux, la somme des rapports $\frac{\text{hémisphères}}{\text{encéphale}}$
 + $\frac{\text{cervelet}}{\text{encéphale}}$ + $\frac{\text{lobes optiques}}{\text{encéphale}}$ dont la signification est
 purement morphologique, et qui est représentative d'une
 certaine architecture encéphalique, est caractéristique
 pour une famille naturelle donnée ;

5° Chez les cerveaux des oiseaux (hémisphères et tubercules bijumeaux) la valeur du rapport des substances grasses aux substances albuminoïdes représentatif du développement relatif des éléments blancs conducteurs est variable.

De deux oiseaux également évolués, de même espèce, et par suite de même coefficient de céphalisation, mais de tailles inégales, le cerveau le plus lourd (de l'oiseau de plus grande taille), donnera un pour cent d'extrait de matière grasse plus élevé, auquel correspond un plus grand développement des éléments blancs conducteurs.

De deux oiseaux d'espèces distinctes et de coefficients céphaliques différents, et aussi de taille inégale, tels que le cerveau de l'oiseau de plus petite taille et de plus grand coefficient céphalique égale en poids celui de l'oiseau de plus grande taille, et de plus petit coefficient de céphalisation, le plus fort pour cent d'extrait et d'éléments conducteurs appartient au cerveau de l'oiseau de plus grand poids et de plus petit coefficient céphalique.

TABLEAU

des poids corporels et encéphaliques d'oiseaux de diverses familles (1).

Numéros	ESPÈCES	Poids en grammes		OBSERVATIONS
		du corps	de l'encéphale	
45	<i>Amazona amazonicus</i> (L) .	340	7.828	
73	id.	230	7.715	émacié.
55	<i>Palæornis docilis</i> (Vieill.) .	90	3.578	
29	<i>Melopsittacus undulatus</i> (Shaw.)	20.825	1.040	
89	<i>Corvus cornix</i> L.	500	8.890	
92	id.	535	9.067	
95	id.	500	8.455	
88	<i>Corvus corone</i> L.	560	8.425	
90	<i>Colæus monedula</i> (L).	230	5.555	
78	<i>Garrulus glandarius</i> (L) .	180	4.775	
99	id.	150	3.985	
76	<i>Pica pica</i> (L)	85	2.935	pertes bulbaires.
96 ^{bis}	id.	185	4.640	mauvais état.
93	<i>Gecinns viridis</i> (L)	220	4.838	tub : big : ébréchés.
75	id.	215	4.445	
52	<i>Merula merula</i>	100	1.998	
44	<i>Larus argentatus</i> (Brünn) .	1.000	6.328	
82	<i>Sterna Hirundo</i> (L)	250	3.010	
88	id.	275	3.100	
84	id.	225	2.850	
85	id.	290	3.045	
110	<i>Accipiter nisus</i> (L)	245	3.170	
116	id.	230	3.400	
49	<i>Buteo buteo</i> (L).	960	7.328	émacié.
87	id.	1.300	8.095	sanguin.
112	id.	775	8.240	
114	<i>Astur sp. ?</i>	200	4	
115	id.	255	4.400	
98	<i>Anas querquedula</i> (L)	260	2.780	
97	id.	305	3.255	
79	id.	355	2.890	pertes hémisphériques.
86	<i>Anas platyrhynchos</i> L. = <i>Boschas</i> L.	915	5.745	
80	id.	1.230	6.850	
43	<i>Canard domestique</i>	1.600	5.453	
4	id.	1.875	5.757	
6	id.	1.650	5.040	
9	id.	1.600	5.460	
42	id.	2.450	7.443	
51	<i>Dendrocygna sp. ?</i>	405	4.188	
74	<i>Dafila acuta</i> (L)	720	3.835	pertes hémisphériques.
91	<i>Nyroca nyroca</i> (Güld.)	655	4.915	
96	id.	910	6.260	
103	id.	939	5.615	
94	<i>Mareca penelope</i> (L)	820	4.595	
106	<i>Spatula clypeata</i> (L)	507	3.460	
104	<i>Fulica atra</i> L.	680	3.130	

(1) Les noms scientifiques de cette nomenclature m'ont été très obligeamment fournis par M. Menegaux assistant au Muséum d'Histoire Naturelle.

Numéros	ESPÈCES	Poids en grammes		OBSERVATIONS
		du corps	de l'encéphale	
72	<i>Psaphia crepitans</i> L . . .	890	5.838	
111	<i>Phalacrocorax carbo</i> (L) . .	1.890	10.820	
61	<i>Pavo cristatus</i> L . . .	2.220	5.713	manque tubercule biju- meau
5	<i>Phasianus colchicus</i> L . .	1.190	4.056	
26	id.	1.250	3.835	
41	<i>Poule de Mayenne</i>	1.200	3.781	
40	<i>Coq gatinais</i>	2.600	4.256	
7	id.	1.670	4.295	
120	<i>Coq Bantam</i>	780	2.750	
121	<i>Poule Bantam</i>	385	2.520	
56	<i>Pigeon domestique</i>	270	1.973	
65	<i>Goura coronata</i> (L) . . .	1.310	5.588	
77	<i>Scolopax rusticola</i> L. . . .	385	2.945	
109	<i>Gallinago gallinago</i> L. . .	90	1.510	sanguin.
81	<i>Numenius arcuatus</i> L . . .	520	4.520	
1	<i>Oie domestique</i>	3.470	12.250	sanguin.
2	id.	3.300	11	
3	id.	3.700	11.230	
19	id.	5.300	12.700	
10	<i>Sporacanthus amandava</i> (L)	6.072	0.308	
11	id.	6.405	0.360	
12	id.	6.607	0.375	
17	id.	6.910	0.350	
23	id.	6.300	0.360	
24	id.	5.640	0.350	
39	<i>Estrela cinerea</i> (Vieill). . .	5.600	0.355	
13	<i>Amadina fasciata</i> (Gm). . .	13.340	0.605	
20	id.	14.500	0.605	
17	<i>Munia atricapilla</i> (Vieill.). .	12.520	0.585	
25	id.	10.150	0.505	
31	id.	12.750	0.585	
32	id.	14.250	0.585	
35	id.	11.965	0.530	
59	<i>Paephila cincta</i> (Gould). . .	11.740	0.523	
38	<i>Uroloncha striata</i> (L) . . .	8.910	0.465	
54	id.	9.850		
16	<i>Pyrhula pyrrhula</i> (L) . . .	14.07	1.065	
27	id.	16.320	0.855	pertes hémisphériques.
21	<i>Acanthes cannabina</i> (L). . .	16.330	0.712	
30	<i>Serinus canarius</i>	12.030	0.668	
37	id.	15.030	0.600	
46	<i>Paroaria cucullata</i> (Loth). .	27.340	1.173	
47	id.	32.250	1.173	
28	<i>Agelaius frontalis</i> (Vieill.). .	30.568	1.235	
33	<i>Munia orizivora</i> (L)	21.047	0.805	
34	<i>Carduelis carduelis</i> (L) . . .	10.050	0.637	
67	<i>Alauda arvensis</i> L	36.740	0.863	
	id.	42.310	0.843	
	id.	42.090	0.878	
53	<i>Fauvette sp. ?</i>	12.230	0.632	
71	<i>Asio accipitrinus</i> (Palla) . .	245	4.890	
108	<i>Gallinula chloropus</i> (L). . .	300	2.030	
134	<i>Pingouin</i>	2.944	13.400	
135	<i>Toucan</i>	409	6.403	

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Botanique : Comparaison des tiges végétatives et florifère de
Héreda Hélix ;
Minéralogie : Gites de fer de l'Algérie.

Vu et approuvé :

Paris, le 9 mai 1908.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

PAUL APPELL.

Vu et permis d'imprimer :

Paris, le 9 mai 1908.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

K.-L. LIARD.

